técnica

197 associação dos estudantes do instituto superior técnico
abril 1964 revista de engenharia

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão — Setúbal

Telef. 228824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 328201/2/3

confiança para a construção com

materiais novobra

EM BETÃO PRÉ-ESFORÇADO

pavimentos
coberturas
vigas de grande vão
asnas
perfis

SOCIEDADE DE PRÉ-FABRICAÇÃO E OBRAS GERAIS, NOVOBRA, LDA.
AV. EST. UNIDOS DA AMÉRICA, 100, 5.º D - TEL. 774832/766446 - LISBOA-5

OFICINAS E LABORATÓRIOS
DO
INSTITUTO SUPERIOR TECNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

TÉCNICA

Ano XXXVIII - N.º 337 Abril de 1964

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-1. * TELEF. 775449

DIRECTOR
J. M. VIEGAS GONÇALVES
ADMINISTRADOR
J. F. GOMES DE PINA
SECRETÁRIO
F. G. KNOPFLI BATORÉU
REDACTORES
L. M. C. BARBOSA COLEN
H. L. GIRÃO PINA

PUBLICAÇÃO PERIÓDICA MENSAL

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	37$50	60$00	110$00
Ultramar Português e Espanha	—	65$00	120$00
Estrangeiro	—	70$00	130$00

NUMERO AVULSO 15$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.da
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Metalúrgica Duarte Ferreira — Divisão Berliet — Montagem de veículos pesados

Págs.

O método P.E.R.T. e os sistemas associados — Um meio de facilitar o trabalho dos dirigentes de empresas
Por J. Corellou 405

Alisamento do espectro de potência
Por F. F. Rebelo Simões 419

A previsão dos resultados na lavagem de carvões
Por Leopoldo Parreira Cortez 423

Condutividade de soluções aquosas de hidróxido e carbonato de sódio
Por J. J. Horta dos Santos e J. P. Antunes Gomes 439

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional** 452

Novos domínios das técnicas de compactação e estabilização dos solos
Por José Carlos C. da Silva Pereira 453

Do Mundo Técnico 465

Biblioteca 471

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

A. Johnson & Co (Portugal), Ltd. . . XXXVIII
Asea Eléctrica Ld.ª XX
Auto-Lusitânia XXVI
Azevedo & Fessi . . . . . XLVI e XLVIII

C

CIDEX IV
CIDLA XXXI
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . VIII
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos IX
Companhia Portuguesa de Trefilaria XXVI
Companhia União Fabril XIV
C. Santos, Ltd.ª . . . . . VI e XLIV
Construções Técnicas XXXIII

E

Electro-Arco, Ltd.ª IV
Empresa de Cimentos de Leiria . . XXXIV
Empresa Electro Cerâmica XLI
Empresa de Produtos Asfálticos. . . X
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos XI
Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações XXVIII

F

Fábrica Portugal II
Fanafel XVI
Filtros Filfro XX
Fundações Franki, Lda. I

G

Guedes & Almeida, Lda. XLIII

H

Hidrel XXVI
Harker Sumner & C.ª, Ltd. XLVI

I

Iberex XXIX
I. C. I. XXXVII
Impermeábilis XXVIII
I. S. T. . . . . 2.ª da capa
Isolux, Lda. XLVII

J

Jayme da Costa, Lda XIX
Johann Keller XLVI

M

Pág.

MAGUE XIII
MESSA XXIII
Metalúrgica Duarte Ferreira XXX
Monteiro Gomes, Lda. XLII
Monterroso & C.ª, Lda. XLVII

N

Novobra, Lda. . . . . 2.ª da capa

O

Orlando Fernandes XVI

P

Papelaria Fernandes XLV
Philips XVIII
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

Q

Quimicor, S.A R.L. XXVII

S

Siemens XV
SMEIA XXV
Sociedade de Electricidade Brown Boveri . . . . . 4.ª da capa
Soc. Michaelis de Vasconcelos . . . XII
Soc Const. Amadeu Gaudêncio . . XXXVI
Sociedade Industrial Metalúrgica . XXXVI
Sociedade Portuguesa Cavan VIII
Soc. Electron XXXII
Sondagens e Fundações, A Cavaco . IV
Sondagens Ródio, Ltd.ª XXXVI
Sorval XXXIX
Standard Eléctrica VII
S. T. E. T. XXI

T

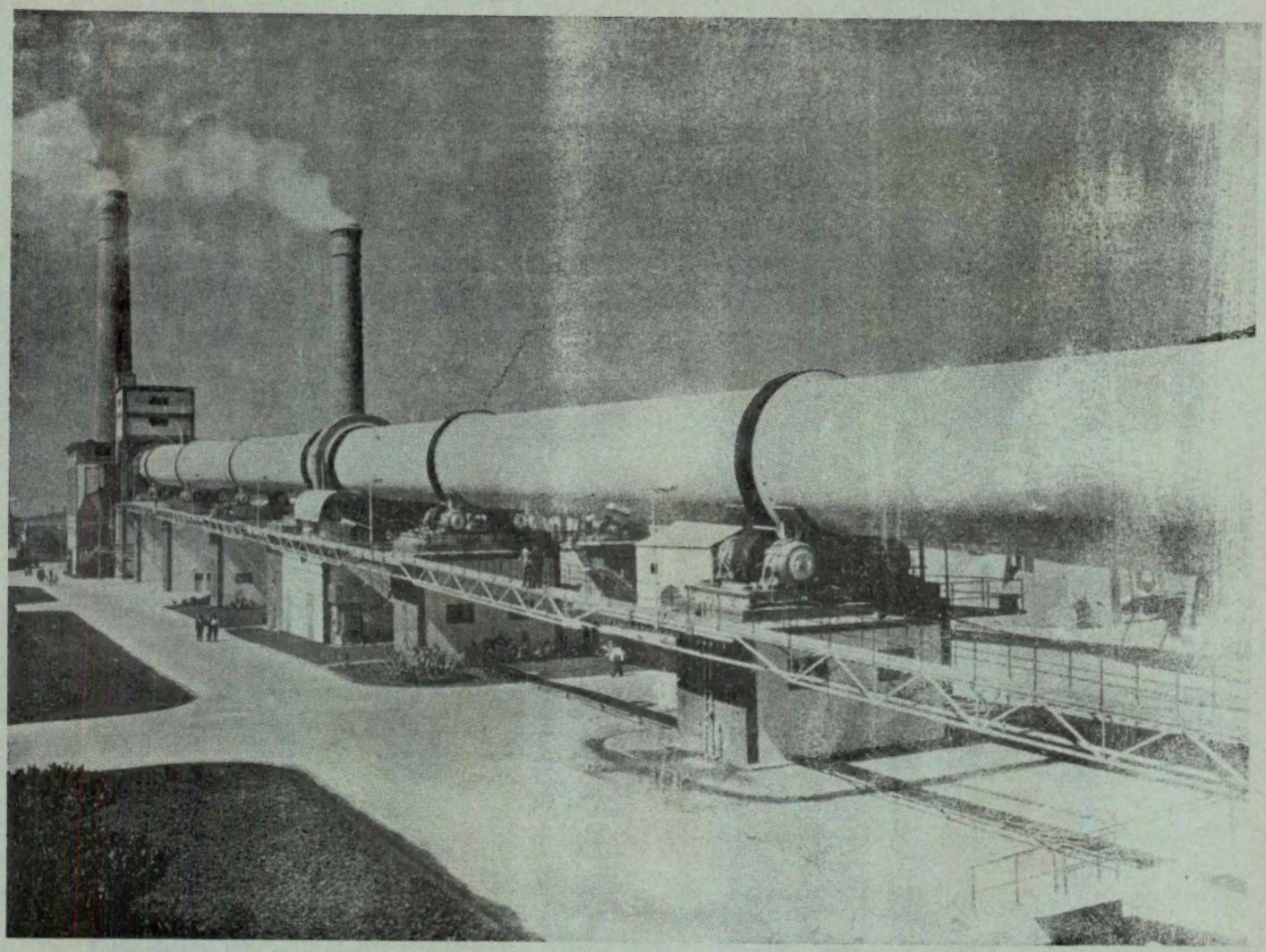
Telemec XXXII
Torrens XLVIII

V

Vasco Pessoa, Lda. XXVIII
Von Roll V

W

Wild Portugal, Lda. XVII
W. Schmidt XLI



COMPANHIA CIMENTO TEJO
(Alhandra)

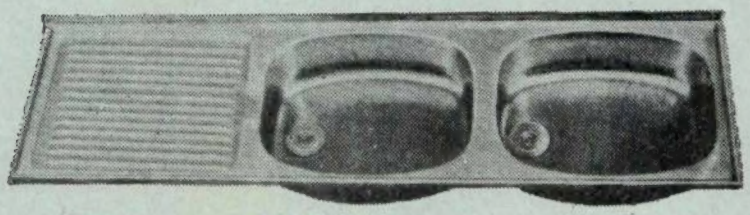
5.ª LINHA FABRIL

Assente sobre 407 Estacas Franki

FUNDAÇÕES FRANKI, L.DA

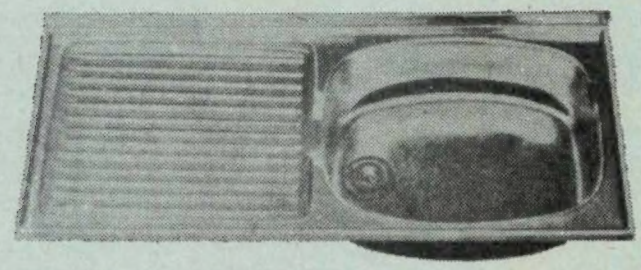
Rua Braamcamp n.º 13-3.º — Lisboa — Telef. P.P.C. 734112 — End. Teleg. FRANKI

LAVA-LOUÇAS EM AÇO INOXIDAVEL



Modernize os lares de Portugal, usando nas suas cozinhas Lava-Louças em AÇO INOXIDÁVEL. Concepção e execução da

FABRICA PORTUGAL



elegantes e higiénicos · duração ilimitada · revestidos de isolante especial · fornecidos com sifão de segurança · não partem a louça

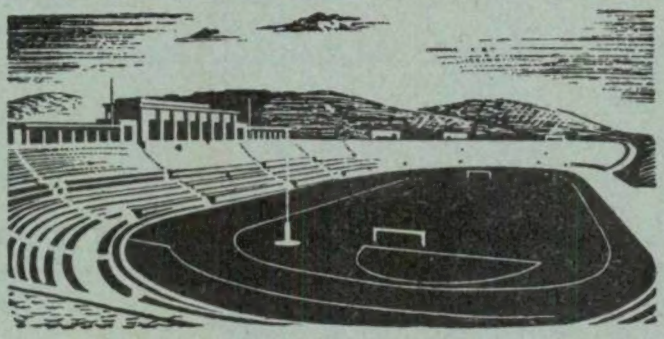
- 8 MODELOS STANDARD · OUTROS MODELOS FORA DE SÉRIE
- MODELOS ESPECIAIS PARA GRANDES INSTALAÇÕES
- IGUAIS AOS MELHORES ESTRANGEIROS

À VENDA NAS BOAS CASAS DA ESPECIALIDADE E NOS SEUS SALÕES DE EXPOSIÇÃO E VENDA

PRAÇA DOS RESTAURADORES · RUA FEBO MONIZ

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

QUASE 40 ANOS AO SERVIÇO DA ENGENHARIA PORTUGUESA



GRANDE SORTIDO DE INSTRUMENTOS DE PRECISÃO, CIENTÍFICOS E INDUSTRIAIS

RUA JARDIM DO REGEDOR, 24, 2.º
LISBOA
TELEF.: 32 43 14 — 32 42 48 ✦ TELEG.: TECNA

Bombas centrífugas «PACIFIC»

Construídas por

Batignolles - Chatillon

Especialmente destinadas para:

— Petróleos
— Indústrias químicas
— Construções navais
— Centrais eléctricas
— Alimentação de caldeiras
— Etc., etc.

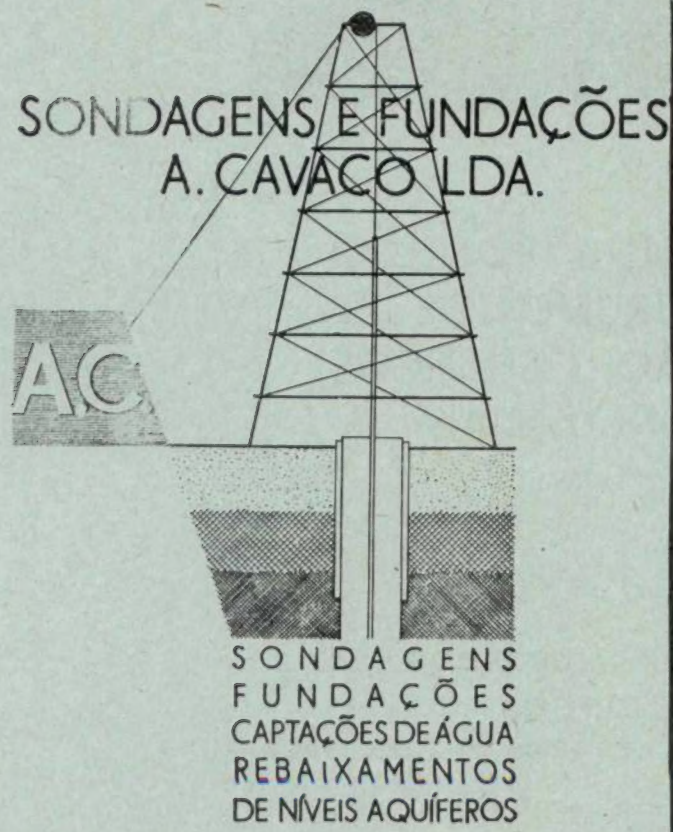
Sob as condições de funcionamento seguintes:

— Débitos: 1 m³/h a 10.000 m³/h
— Pressões: altas e baixas
— Temperaturas: −180° C + 500° C
— Líquidos: corrosivos ou não

Para estudos e orçamentos, consultar o representante em Portugal:

CIDEX — Comércio Internacional
e Representações Industriais, Lda.

Av. Casal Ribeiro, 46-2.°/Telef. 73 53 07/LISBOA 1



RUA RODRIGO DA FONSECA 62 R/C • LISBOA
TELEF. 53873-45451-57751-59562

ELECTRO-ARCO
LIMITADA

●

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

●

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA
LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 683649
PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 — TEL 21277

Válvulas de cunha, para vapor
Placas de obturação articuladas sobre uma esfera. Estanqueidade permanente

1 Válvulas de passagem
Sede de estanqueidade e haste de aço inoxidável

2 Válvulas para matérias pastosas
Sem necessidade de conservação (sem prensas-estopa nem tampas de limpeza)

3 Válvulas de sede oblíqua
para ácidos. Liga cromo-niquel-molibdeno

4 Válvulas de membrana de borracha
Sem prensa-estopa

5 Válvulas de macho
Com elevada resistência aos ácidos

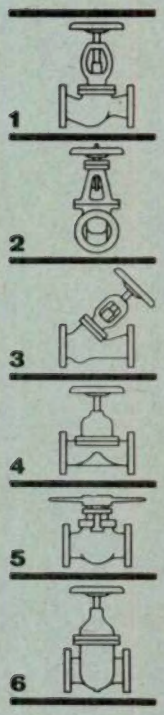
6 Válvula de cunha Sem prensa-estopa

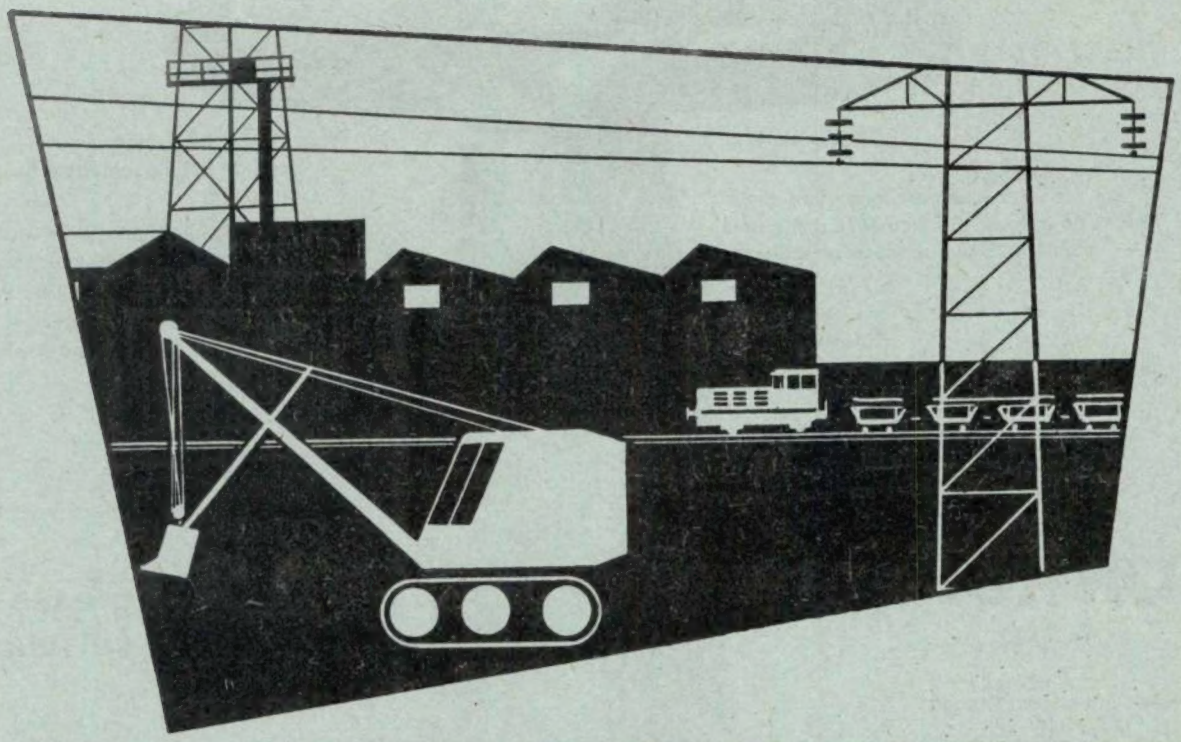
VON ROLL S.A.

à frente no progresso da construção de válvulas

Fábricas de Klus (Suiça)

Representantes em Portugal:
Socotel, Lda.
Rua Sá da Bandeira, 651-4°, Porto
Tel. 27013





MERCEDES-BENZ

MOTORES INDUSTRIAIS DIESEL

MOTORES PARA TODAS AS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA GRANDE ROBUSTÊS. ECONOMIA
DE CONSUMO E FACILIDADE DE MANUTENÇÃO
MODELOS DESDE 15 A 2.500 H. P.

EM ARMAZÉM:

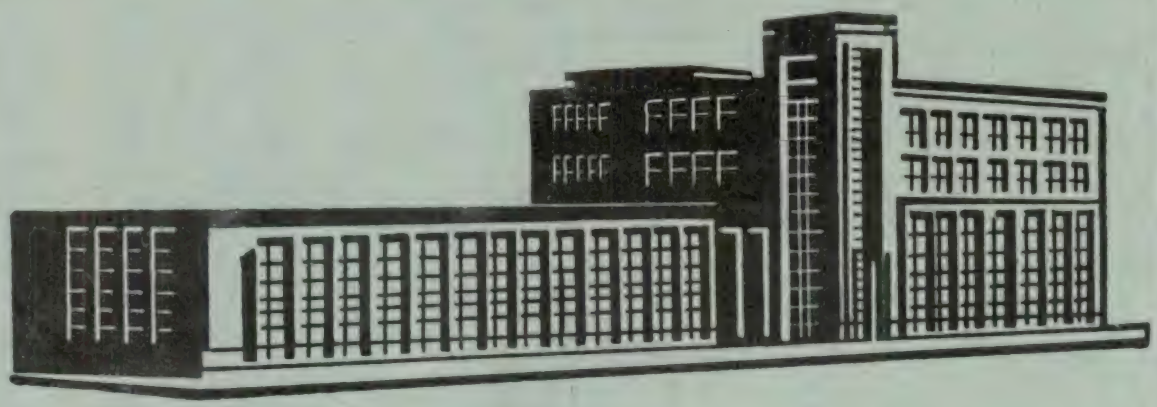
MODELO M B 841 B	25 H. P. — 1.000 R. P. M.
MODELO M 202 B	55 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 203 B	90 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 204 B	120 H. P. — 1.200 R. P. M.

OUTROS MODELOS PARA ENTREGA MUITO RÁPIDA

MOTORES A 4 TEMPOS · ARREFECIMENTO POR ÁGUA
ARRANQUE A AR COMPRIMIDO OU ELÉCTRICO

REPRESENTANTES **C. SANTOS, S. A. R. L.** — DIVISÃO MARÍTIMA E INDUSTRIAL

29, AV. DA LIBERDADE, 41 — LISBOA
160, R. DE S.TA CATARINA, 168 — PORTO



Standard Electrica S.A.R.L.

Associada da

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORPORATION

DE NOVA YORK

TELECOMUNICAÇÕES

ELECTRÓNICA

AV. DA INDIA — LISBOA

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 66 61 86 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

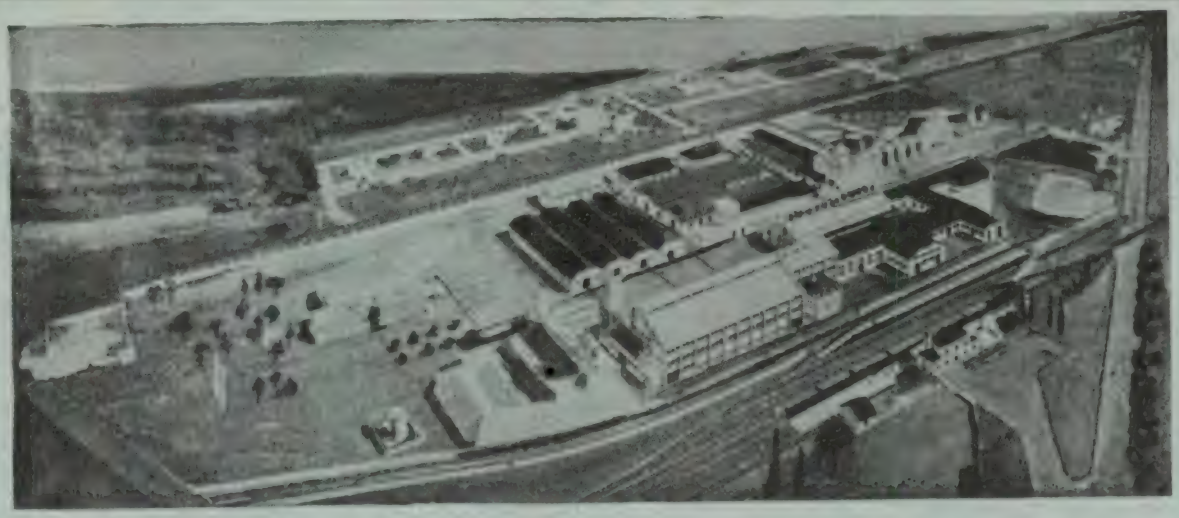
✸

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS
MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
MANILHAS PARA ESGOTOS

✸

RUA D. ESTEFÂNIA, 94-A
TELEF. 47812-50129
LISBOA



COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

PRODUTORA DE

FERRO GUSA

FERRO LIGAS

FERRO-MANGANÊS

SÍLICO-MANGANÊS

FERRO-SILÍCIOS

15 % - 25 % - 45 % - 75 % - 90 %

CARBONETO DE CÁLCIO

CIANAMIDA CÁLCICA

PASTA PARA ELÉCTRODOS

E EM MONTAGEM

GRAFITE

FÁBRICAS
CANAS DE SENHORIM
Telefone 6 72 22

SEDE
Largo de S. Carlos, 4 2.º — LISBOA
Telefones 32 53 43 - 3 55 56 - 36 89 89

Celulite

ISOLAMENTO TÉRMICO DAS CONSTRUÇÕES

PAVIMENTOS

*

TECTOS

*

PAREDES

*

CÂMARAS FRIGORÍFICAS

*

ISOLAMENTOS INDUSTRIAIS

Terraços e pavimentos isolados com CELULITE no edifício da Comp.ª de Seguros Fidelidade — P. das Águas Livres — Lisboa

SETH, LDA. • RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º • TEL. 73 01 56 — LISBOA

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA

TELEF. 73 0156 TELEG. EPALDA — LISBOA

EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS

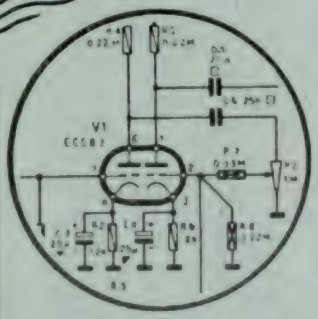
IMPERMEABILISADOR

IMEPA

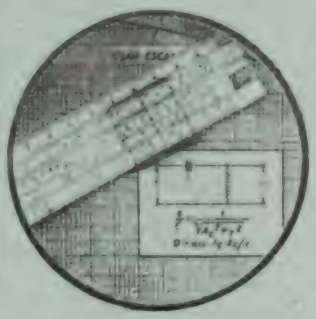
RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º-LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

EQUIPAMENTO DE AMPLIFICAÇÃO DE SOM



BEM CONCEBIDO
BEM CALCULADO
CONSTRUIDO



LESA

A grande marca italiana

Representantes em Portugal

TELECTRA

EMPRESA TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS, S. A. R. L.

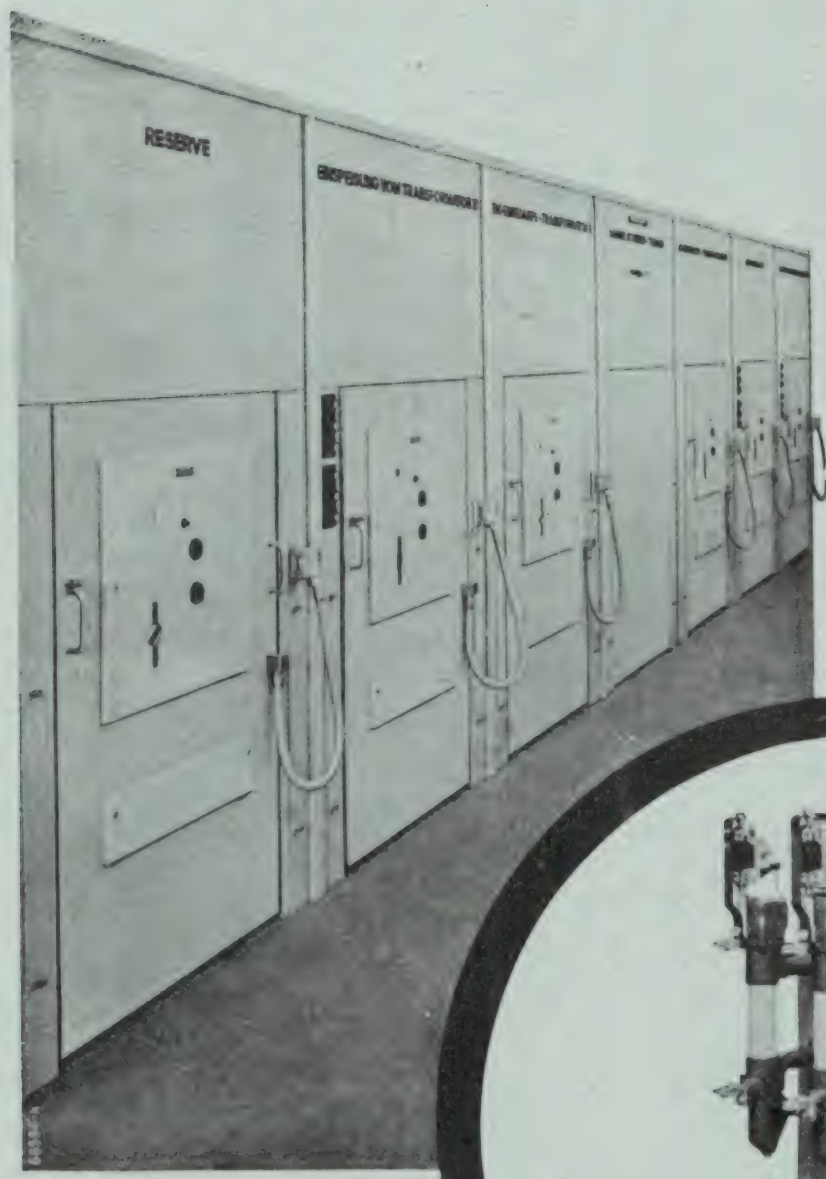
Rua Rodrigo da Fonseca, 103, r c
LISBOA — Tel. 68 60 72

Rua Sá da Bandeira, 766-1.º E.
Tel. 2 48 18 — PORTO

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON

Disjuntor de pequeno volume de óleo

tipo MS



Seguro
Compacto
Manutenção mínima

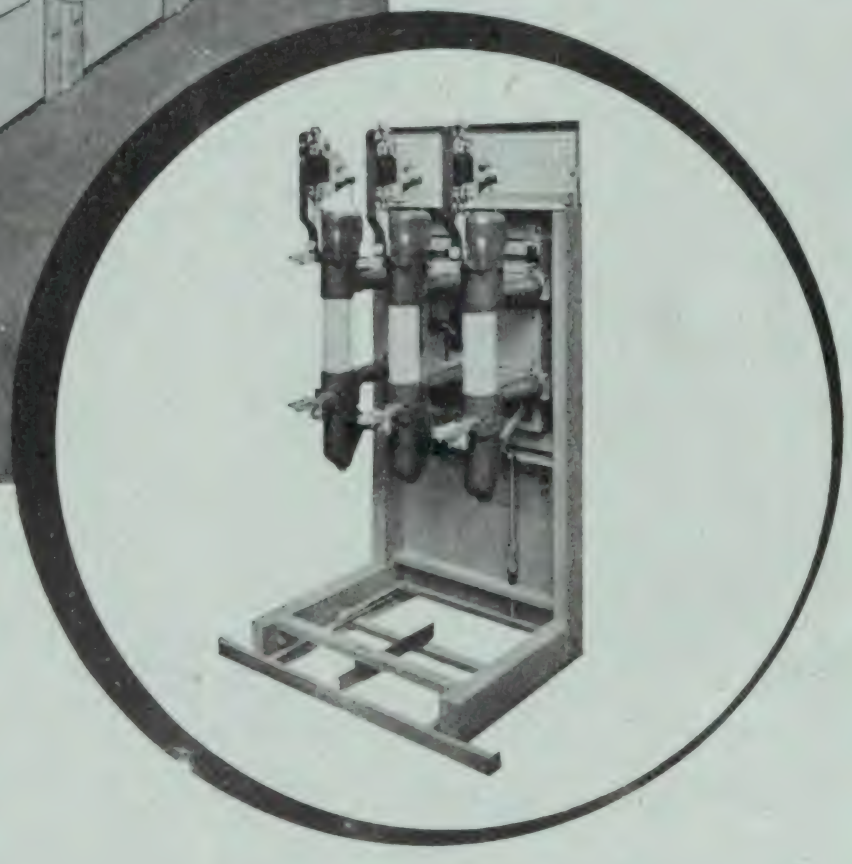
Comando por molas com carga por manivela ou motor

Disjuntor e comando previstos para reengate rápido

Disjuntor extractível sobre carro ou fixo sobre ferragens

Caixa de comando achatada portanto fácil inspecção; parede frontal lisa à face do quadro

Preço e prazo de entrega reduzidos



Tipos	MS 12.6	MS 24.6
Tensão nominal	12 kV	24 kV
Potência de corte	250 MVA	400 MVA

Representantes para Portugal e Ultramar: **Sociedade Michaëlis de Vasconcellos, Lda.**

PORTO — P. da Liberdade, 114, 3.º LISBOA — Av. Marquês de Tomar, 94

TÉCNICA

DIRECTOR: J. M. VIEGAS GONÇALVES ADMINISTRADOR: J. F. GOMES DE PINA
SECRETÁRIO: F. G. KNOPFLI BATORÉU

Ano XXXIX — N.º 337 Abril de 1964

C. D. U. 658.012.2

O MÉTODO P.E.R.T. E OS SISTEMAS ASSOCIADOS

UM MEIO DE FACILITAR O TRABALHO DOS DIRIGENTES DE EMPRESAS

POR J. CORELLOU
Eng.º Chefe (Bossard e Michel, Ld.ª Portugal)

PRIMEIRA PARTE

Um novo método directivo acaba de se iniciar na Europa: como todos os métodos, não se trata, seguramente, de uma panaceia universal, mas constitui um auxiliar particularmente eficaz para todos os Directores encarregados da execução, quer de um Projecto, quer de um Planning de instalações novas, etc., tudo o que pode à priori interessar um conjunto complexo de acontecimentos previsíveis e relativamente mensuráveis.

O P.E.R.T., abreviatura de: PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIC é este método: literalmente, traduz-se por: «Técnica de elaboração e de contrôle de um programa».

Este sistema, relativamente simples no seu princípio, está a ter nos Estados Unidos aplicações cada vez mais numerosas. O P.E.R.T. emprega-se ali correntemente, entre a empresa dirigente e as sub-empreiteiras, por exemplo, por acasião de projectos que associam múltiplas Sociedades em que uma age como Principal Dirigente.

Igualmente, na Europa, um grande número de empresas interessa-se por estes novos métodos.

Em que ocasião nasceu o P.E.R.T.?

Quando a Marinha dos Estados Unidos pensou criar a sua força de ataque nuclear (submarinos atómicos e mísseis Polaris), foi-lhe necessário realizar tal projecto no mais curto prazo para recuperar o tempo perdido em relação às realizações iniciadas pelo seu principal antagonista, a U.R.S.S.

Os problemas técnicos suscitados por este projecto constituiam, segundo se presume, um sério obstáculo para o desfecho rápido de tais trabalhos: com efeito, alguns homens, em particular o Almirante Rayborn, foram bastante astuciosos para se aperceber de que, sem subestimar a importância dos trabalhos técnicos, o problema do CONTRÔLE e da COORDENAÇÃO era considerável num projecto de tal envergadura.

Tratava-se de entregar a arma operacional num prazo fixado e a um custo razoável, e isto coordenando as acções de 250 fornecedores principais e de mais de 9000 sub-empreiteiros!

Compreende-se que, para obter a máxima eficiência dos esforços de cada um para o avanço do projecto global, era preciso efectivamente criar um método que fosse um instrumento de Planning, de Contrôle, de Análise e portanto de Correcção.

Foi assim que nasceu o P.E.R.T., proveniente da cooperação dos especialistas da Marinha americana e dos Engenheiros Conselheiros de Direcção Booz, Allen e Hamilton.

Obteve-se a máxima eficiência pois, dois anos antes da data fixada, o projecto Polaris tornou-se operacional: a Marinha dos Estados Unidos considera que um resultado tão espectacular se deve essencialmente ao P.E.R.T.

Como se sabe, projectos tão complexos raramente existem na maior parte das empresas. Necessàriamente, esta primeira aplicação do P.E.R.T. permitiu evidenciar um método hoje bem definido e particularmente adaptável aos numerosos problemas diários das empresas.

Note-se que tal método se aplica com eficiência no caso de projectos de PRIORIDADE e ÚNICOS. Não se trata, portanto de encarar a supressão do ordenamento «clássico» nas empresas, em benefício do P.E.R.T.

Em contrapartida, os dois sistemas completam-se harmoniosamente, por exemplo:

— no caso de Serviços de Manutenção, em que é preciso assegurar trabalhos novos não descurando os trabalhos em curso,
— nos Serviços Comerciais, por ocasião do lançamento de uma campanha de publicidade e de vendas,
— nos Escritórios de arquitectos e empresas de trabalhos públicos,
— nos Estaleiros Navais,
— nos Gabinetes de Engenharia,
etc. etc.

As aplicações já feitas em França e na Europa pelo grupo especializado C.F.R.O. — O.B.M. (1) permitiram adaptar o método geral aos diferentes casos particulares.

OS PRINCÍPIOS

O método P. E. R. T. repousa num certo número de princípios.

I Princípio

a) O conjunto dos trabalhos elementares constituindo um projecto global representa-se GRÀFICAMENTE sob a forma de uma «Rede». Abandona-se o sistema clássico de Gannt, porque não é necessário representar simultâneamente:

— o encadeamento das operações,
— a sua duração cronológica.

b) O método de representação por meio de uma rede permite, além disso, «simbolizar»:

— o encadeamento das operações,
— as dificuldades particulares de algumas em relação a outras,
- a relatividade dos prazos de início e de fim da execução:

. quer em relação a uma série de outras operações,
. quer em relação ao conjunto do projecto,

— o «caminho crítico», isto é, a série de operações que condicionam o prazo final do projecto; com efeito, constata-se frequentemente que o conjunto das operações que concorrem para a elaboração de um projecto não apresentam todas um carácter de urgência, porque:

. a sua duração permite pô-las em execução segundo uma certa tolerância de data, quer de começo, quer de fim de execução,
. a sua relatividade em relação a outras é mais ou menos limitada.

---

(1) C. F. R. O. : Centre Français de Recherches Opérationnelle.
O. B. M : Organisation BOSSARD et MICHEL
em Portugal : BOSSARD E MICHEL Ld.ª

Exemplifiquemos:

Temos uma casa para construir: quais as «operações» a executar? De uma maneira SIMPLIFICADA, para a clareza do exemplo, após o estudo do plano, são:

— fazer um contrato com o empreiteiro,
— traçar e cavar as fundações,
— construir as paredes da cave,
— fazer o pavimente do subsolo,
— executar a superestrutura do rés do chão ao primeiro andar,
— executar a superestrutura do primeiro andar ao telhado,
— aparelhar e cobrir o telhado,
— erguer as paredes do rés do chão,
— erguer as paredes do primeiro andar,
etc...

O conjunto destas operações, de que simplificámos voluntàriamente a nomenclatura, caracteriza-se por:

— uma duração própria para cada uma,
— uma variação possível e provável desta duração,
— uma ligação OBRIGATÓRIA de algumas em relação a outras.

Se representarmos o conjunto destas operações por uma rede, obtemos o quadro da Figura 1.

Constata-se imediatamente que para chegar à representação do projecto: «construir uma casa», foi necessário:

— estabelecer uma nomenclatura EXACTA e COMPLETA das operações a executar,
— prever as suas ligações mútuas:
exemplo: o aquecimento e a canalização só se instalam após a pavimentação do subsolo e esta a seguir à execução das fundações, etc...

Esta «fotografia» da realidade previsível permite de início um controle dos encadeamentos.

Mas, toda a noção de «planning» só é válida se se puder calcular a duração de execução do projecto e sobretudo em que prazo MÍNIMO este pode ser executado.

Como proceder? É esse o segundo princípio do P. E. R. T.

II Princípio

a) Calcula-se o prazo global de um projecto, associado à duração particular de cada uma das operações.

b) Calcula-se o prazo parcial de cada uma delas e determina-se as tolerâncias para as datas de começo.

Exemplo:

O projecto atrás indicado permitiu-nos criar desde logo uma NOMENCLATURA EXACTA E COMPLETA dos acontecimentos necessários.

Cada uma delas pode ser igualmente objecto de uma Estimativa de Avaliação.

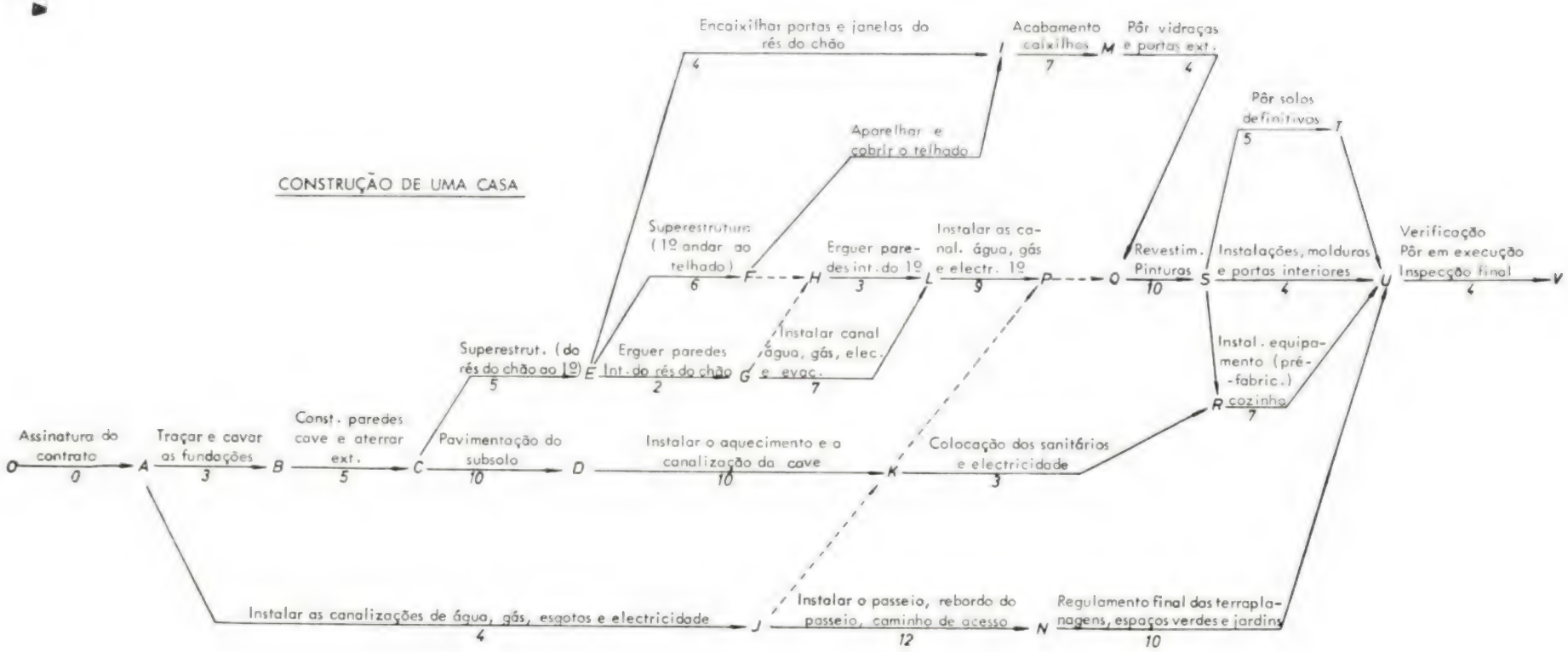
NB: Admitimos, de momento, que *esta estimativa é suficientemente precisa,* ainda que na prática se disponha de métodos matemáticos para a calcular com suficiente precisão.

Se retomarmos a nomenclatura atrás indicada, destinar-se-à então para cada uma das operações uma duração (medida aqui em semanas).

Exemplo:

— traçar e cavar as fundações	duração 3 semanas
— construir as paredes da cave	duração 5 semanas

CONSTRUÇÃO DE UMA CASA



4 : Duração de uma operação ou de um conjunto lógico de operações, medida numa UNIDADE DETERMINADA (dias, semanas, meses, etc.)

C : Designação do étape (acabamento da operação precedente simbolizada pelo sector BC).

— superestrutura baixa (do rés-do-chão ao primeiro andar) duração 5 semanas
— pavimento do subsolo duração 2 semanas
etc. ... etc. ...

A rede assim estabelecida (ver a fig. 1), indica-nos que:

— uma primeira sucessão lógica de operações pode ser:

1.º) traçar e cavar as fundações 3 semanas
2.º) construir as paredes da cave 5 semanas
3.º) superestrutura baixa (rés do chão ao primeiro andar) 5 semanas
4.º) superestrutura alta (do primeiro andar ao telhado) 6 semanas
5.º) aparelhar e cobrir 8 semanas
etc... etc...

— uma segunda sucessão pode ser:

1.º) traçar e cavar as fundações 3 semanas
2.º) construir as paredes da cave 5 semanas
3.º) superestrutura baixa 5 semanas
4.º) caixilhos (portas e janelas do rés-do-chão) 4 semanas
etc. etc.

Por necessidade, só se podem realizar estas séries lógicas de operações à medida que as anteriores da série considerada se realizam.

Exemplo:

Efectivamente só se poderão colocar os caixilhos das portas e janelas do rés-do-chão após o levantamento das paredes do mesmo.

Igualmente para o primeiro andar.

Mas, em compensação, não é proibido começar ao mesmo tempo a instalação das ligações exteriores de água, de gás e de electricidade e dos esgotos.

Conclui-se daqui que, para *uma série lógica* de operações, a data de começo de uma operação só pode ser efectiva se a anterior estiver terminada.

CÁLCULO DA DATA MAIS BREVE (D.M.B.)

Na série nº 1 atrás indicada, de qualquer maneira pode dizer-se que:

— a operação «construir as paredes da cave» não se poderá começar numa data mais breve do que 3 semanas APÓS O COMEÇO da construção;

— a operação «superestrutura baixa» numa D.M.B. 8 semanas após o início da construção «traçar e cavar as fundaçõ» (3 semanas) + «construir as paredes da cave» (5 semanas).

Assim pouco a pouco, calculam-se as D.M.B. de cada uma das operações.

Assim se chega a determinar, na fig. 2, às D.M.B. de começo de cada uma das operações.

NB: É sempre a última data que se considera em todos os casos em que vários caminhos conduzem a datas diferentes para a mesma operação.

Exemplo:

Seja um gráfico:

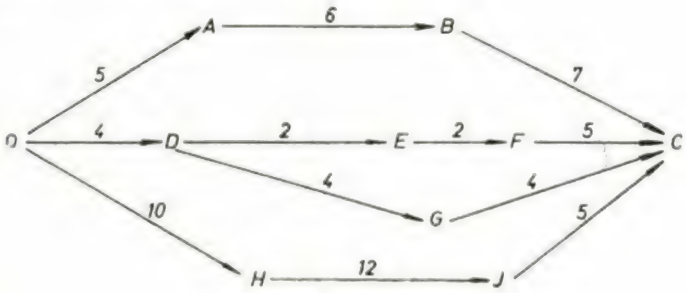


Fig. 2

distinguem-se os seguintes caminhos:

QUADRO I

1.º Caminho		2.º Caminho		3.º Caminho		4.º Caminho	
Duração	Total	Duração	Total	Duração	Total	Duração	Total
OA = + 5	5	OD = 4	4	OD = 4	4	OH = 10	10
AB = + 6	11	DE = 2	6	DG = 4	8	HJ = 12	22
BC = + 7	(18)	EF = 2	8	GC = 4	(12)	JC = 5	(27)
		FC = 5	(13)				
D.M.B. de C		13		12		27	

Fig. 3

A étape C só poderá atingida (DMB) no 27.º dia; visto que o caminho O H J C é o mais longo mesmo que outros caminhos tais como O D E F C ou O D G C ou O A B C forem percorridos mais depressa, o alvo «C» só poderá ser atingido, de qualquer modo no 27.º dia para que o projecto seja INTEGRALMENTE REALISADO.

O quadro I mostra igualmente que as étapes A, B, D, E, F, H, J podem ter prazos próprios.

Com efeito nota-se no quadro I (figura 3) em cada uma das colunas «Total», as datas D. M.B.de cada uma das étapes atrás indicadas.

Constata-se que:

QUADRO II

A	será atingido	D.M.B.	ao 5.º	dia
B	»	»	11.º	»
D	»	»	4.º	»
E	»	»	6.º	»
F	»	»	8.º	»
G	»	»	8.º	»
H	»	»	10.º	»
J	»	»	22.º	»
C	»	»	~~18~~ - ~~13~~ - ~~12~~ - 27 (1)	

CÁLCULO DA DATA MAIS TARDIA (DMT)

Constatou-se no quadro I (figura 3) que C poderia ser atingido em várias datas segundo o caminho empregado, mas que no fim só contava o prazo mais longo, isto é, o caminho O H J C.

Deste modo, sendo o conjunto dos outros caminhos mais curto pode-se ser levado a começar em relação ao dia 0.

Assim como calculámos para cada uma das étapes a «DMB», podemos calcular a «DMT».

(1) Para C, é o maior valor que é sempre considerado.

Exemplo:

Consideremos a mesma rede.

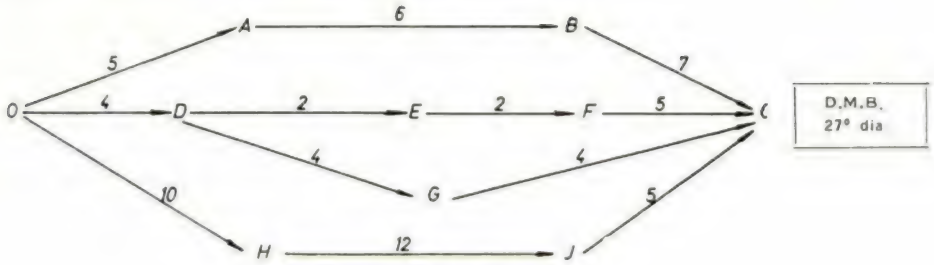


Fig. 4

Sabe-se que o projecto não pode estar terminado antes de 27 dias (ver o cálculo anterior) e que este prazo está condicionado pelo caminho O H J C.

Se deste modo, partindo de C e tornando a subir até ao começo 0 do projecto, percorrermos em sentido inverso os mesmos caminhos, obteremos:

C B: 27 — 7 = 20 dias, isto é, que B poderá ser atingido a partir de C ao 20.° dia; noutros termos, poderemos começar B C ao 20.° dia.

No cálculo anterior, o mesmo ponto B não podia ser atingido mais cedo que o 11.° dia, quer dizer que só se poderia começar B C no 11.° dia.

Eis-nos pois em presença de duas datas para B C:

— DMB ao 11.° dia,
— DMT ao 20.° dia.

Temos portanto uma margem de 9 dias para empreender B C, quer dizer que:

— há uma impossibilidade de começar mais cedo que o 11.° dia,
— há posssibilidade de execução dentro de um período situado entre o 11.° e o 20.° dia,
— há uma impossibilidade de começar mais tarde que o 20.°, *sem comprometer o prazo final.*

Apliquemos este raciocínio ao conjunto da rede, obtemos:

QUADRO III

1.° Caminho		2.° Caminho		3.° Caminho		4.° Caminho	
Data	Inverso do Total	Data	Inverso do Total	Data	Inverso do Total	Data	Inverso do Total
CB		CF		CG		CJ	
27 — 7 =	20	27 — 5 =	22	27 — 4 =	23	27 — 5 =	22
BA — 6	14	FE 2	20	GD 4	19	JH 12	10
AO — 5	9	ED 2	18	DO 4	15	HO 10	0
		DO 4	14				

Fig. 5

Se compararmos os dois quadros (D.M.B., D.M.T.), obteremos a seguir:

QUADRO IV

		D.M.B.	D.M.A.
Ponto	A	1	14
	B	11	20
	D	4	18 - ~~19~~ (1)
	E	6	20
	F	8	22
	G	8	23
	H	10	10
	J	22	22
	O	0	~~9~~ - ~~14~~ - ~~15~~ - 0 (1)

Torna-se evidente que:

— para o caminho O A B C, se pode empreender o conjunto das operações OA + AB + BC:
  D M B . a partir do 0º dia,
  D M T . a partir do 9º dia;

— para o caminho O D E F C, pode-se empreender:
  D M B . no 0º dia,
  D M T . no 14º dia.

— etc. . . . etc . . .

Na prática, pode exprimir-se cada uma destas datas no próprio gráfico:

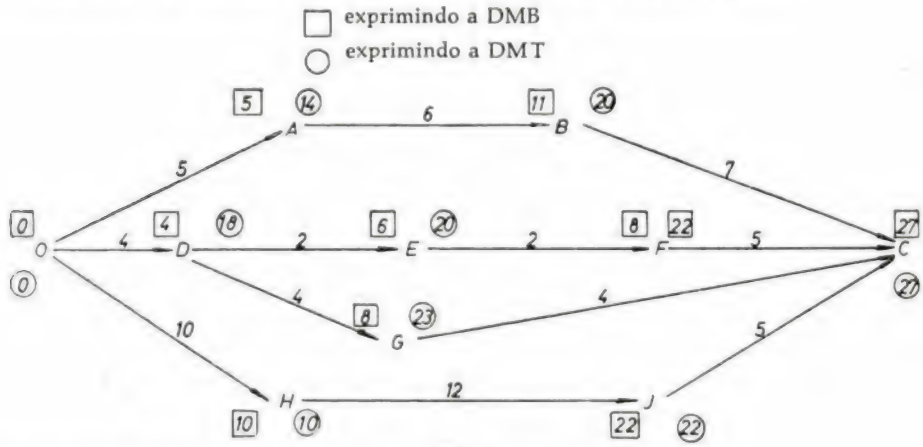


Fig. 7

CÁLCULO DAS MARGENS

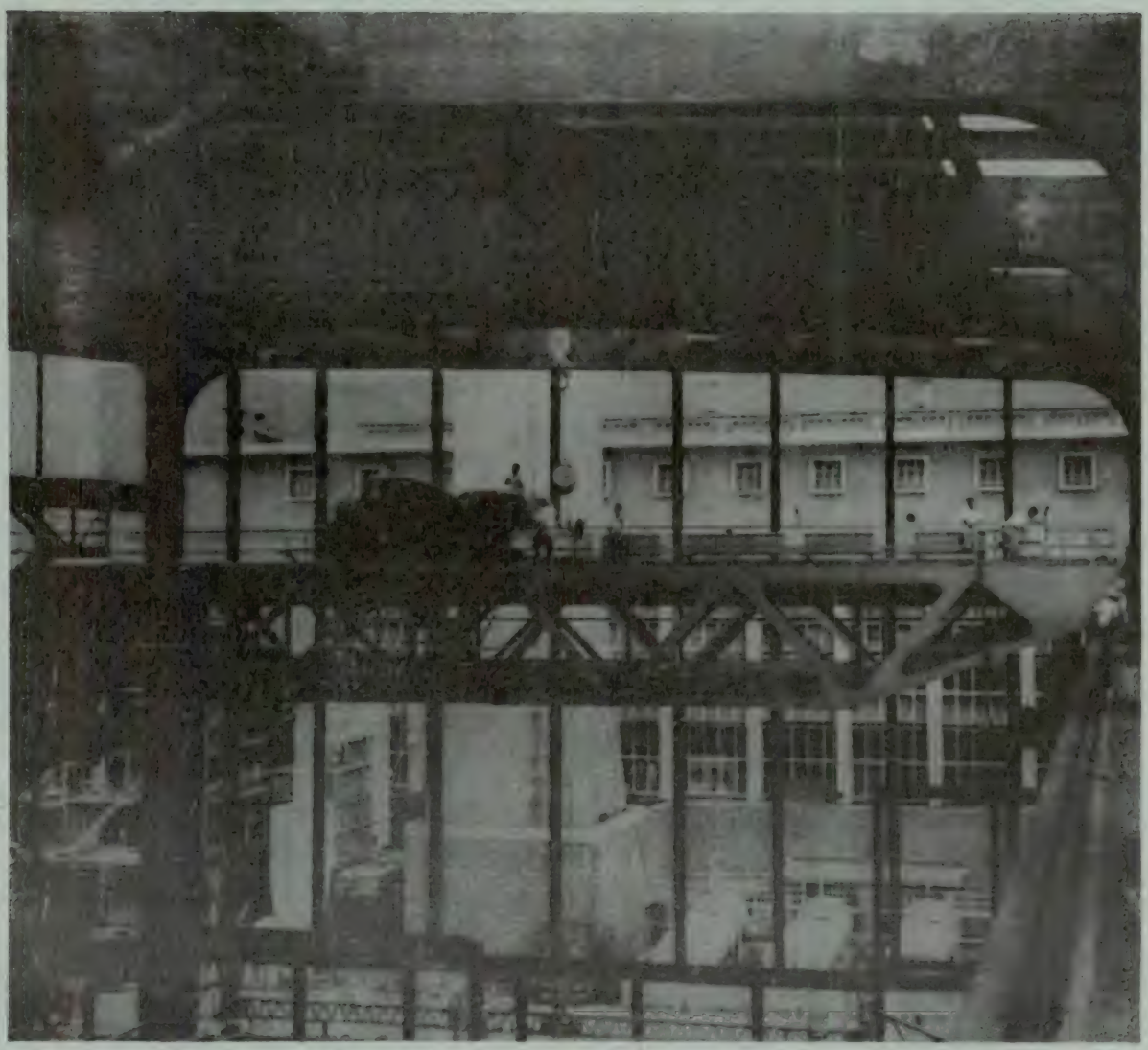
Margem total

Por CAMINHO, determinámos assim a tolerância com a qual pode ser empreendido.

Exemplo: O A B C DMB o dia «0» DMT o 9º dia
O D E F C — «0» — 14º dia
etc. . . .

(1) Para D e O observam-se os valores mais baixos, ou seja respectivamente 18 e 0.

MAGUE



PONTE ROLANTE DE 130 t / 26 m, FORNECIDA PARA A CENTRAL TÉRMICA DE PASIR PANJANG - SINGAPURA

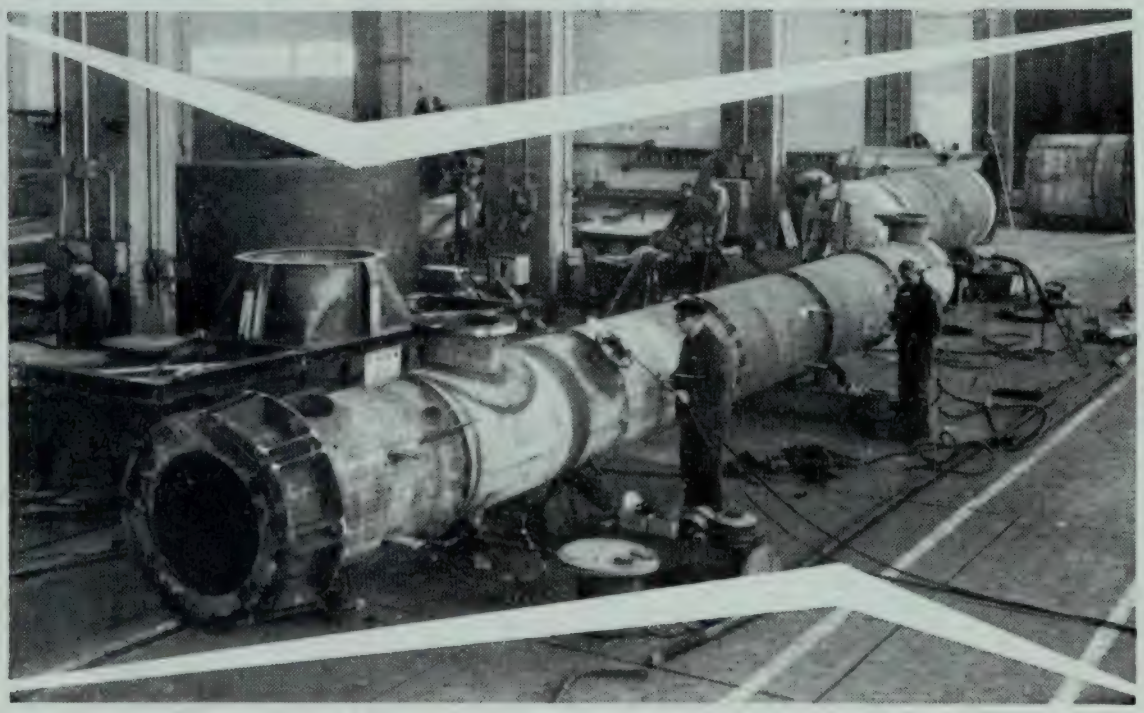
PONTES ROLANTES — *Projecto e fabrico*
GUINDASTES — *Projecto e fabrico*
APAR. DE ELEVAÇÃO ESPECIAL — *Projecto e fabrico*
TURBINAS HIDRÁULICAS — *Fabrico segundo licença de A. C. M. de Vevey*
TURBINAS A VAPOR — *Fabrico segundo licença de Brown Boveri, Cie*
EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

CONSTRUÇÕES METALOMECANICAS **MAGUE** S.A.R.L

ALVERCA DO RIBATEJO — PORTUGAL

aços vazados
ferros meehanite
mecânica MÉDIA E PESADA
construções metálicas

COMPORTAS
TURBINAS
CONDUTAS FORÇADAS
RESERVATÓRIOS SOB PRESSÃO
PERMUTADORES DE CALOR



Indústria dos Petróleos.

Coluna de 1.000 mm ø × 10 000 mm, em fase final de fabrico.

DIVISÃO METALO-MECÂNICA
COMPANHIA UNIÃO FABRIL

AVENIDA 24 DE JULHO, 170 — LISBOA 2 ✦ TELEFONES 67 04 21 E 67 20 61 ✦ TELEGRAMAS: METALOFABRIL

Quer dizer que iniciando a étape OA, ao 9.º dia, se atinge C ao 27.º dia, ou seja:

$$OA + AB + BC = (9) + 5 + 6 + 7 = 27$$

Margem livre

Mas isto também significa que a partir do momento em que se empreende o caminho OA BC a partir do 9.º dia (DMT) NÃO HÁ MAIS TOLERÂNCIA PARA AB e BC, que deverão ser respectivamente empreendidos:

AB do 14 ao 20.º dia,
BC do 20 ao 27.º dia.

Noutros termos, todo o prolongamento da duração prevista para OA, ou seja 5 dias, comprometeria então o PRAZO FINAL previsto para C.

Haveria pois interesse em «transportar» os 9 dias de MARGEM TOTAL calculada para OA BC para as diferentes étapes que a constituem: obter-se-ia assim para as datas de começo de OA, AB, BC, margens parciais cuja soma total não devia exceder a margem total anteriormente calculada.

CAMINHO CRÍTICO

Chamaremos CAMINHO CRÍTICO à linha de operações em que cada uma tem a MARGEM MAIS FRACA ou uma MARGEM NULA.

No exemplo atrás citado, o caminho OHJC é o caminho crítico, isto é, o que comporta as operações condicionando o prazo: todo o atrazo tomado em cada uma das operações que constituem este caminho compromete o prazo final do projecto.

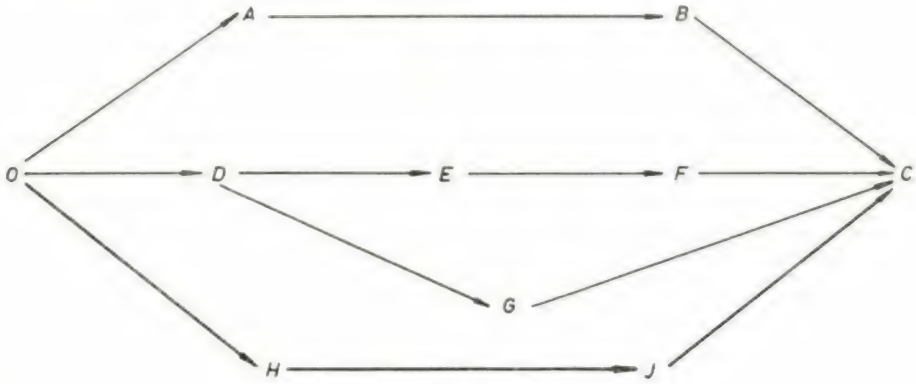


Fig. 8

Igualmente, todo o atraso de uma operação de um outro caminho *que exceda a MARGEM TOTAL* deste caminho, desloca o caminho crítico primitivo para este novo caminho.

Exemplo:

Vimos que a margem total para O A B C era de 9 dias para durações de:

OA = 5
AB = 6
BC = 7

Se a «duração prevista» (5 dias) de OA se torna na realidade 11 dias, ou seja um aumento de 6 dias, a margem total torna-se de $9 - 6 = 3$ dias para AB + BC.

Se, por sua vez, AB previsto para 6 dias, passa na realidade para 9 dias, a margem total para O A B C é já absorvida e BC deve ser imperativamente acabado dentro da duração prevista, ou seja, 7 dias, caso contrário o prazo total do projecto (27 dias) fica comprometido.

Neste caso, o caminho crítico deslocou-se de O H J C A para O A B C e obriga a pôr sob controle uma série de operações que inicialmente não condicionavam o prazo.

O método PERT tem a vantagem particular de permitir:

— a determinação de prazos e margens totais ou diferenciais de operações,
— a detecção das tarefas que tornam «crítica» a realização de um projecto,
— a valorização em tempo das margens e consequentemente dos graus de interesse a atribuir a cada um dos caminhos, segundo o valor da margem total,
— o pôr sob controle de operações com um interesse diferente segundo a importância das margens que lhes estão destinadas.

Esperamos que os simples exemplos atrás apresentados tenham demonstrado estes factos.

SEGUNDA PARTE

DURAÇÃO DOS TRABALHOS

Para uma rede simples, não há nenhuma dificuldade matemática para calcular o conjunto das datas (DMB) e (DMT).

As coisas complicam-se a partir do momento em que a rede se torna complexa e comporta mais de 100 operações, por um lado e uma textura muito ramificada por outro lado.

Esta complexidade é ainda acrescida pelo facto de as previsões de duração por operação nem sempre serem determinadas com facilidade.

É o caso particular em que há estudos a empreender (pesquisas laboratoriais) cuja duração aleatória é evidente.

Neste caso, as técnicas habituais agrupadas sob a palavra «PREPARAÇÃO DO TRABALHO» aplicam-se com dificuldade, à falta de poder determinar elemento por elemento tempos parciais, pràticamente desconhecidos.

Entretanto, é possível aplicar um tratamento estatístico a tais fenómenos. Não entraremos aqui em detalhes, mas basta dizer que se chega a uma estimativa de duração provável a partir de três elementos:

Duração optimista: isto é, a estimativa do tempo mais curto em que será terminada uma tarefa;
Duração verosímil;
Duração péssimista: isto é, a estimativa do tempo mais longo em que será terminada uma tarefa;
Todo o cálculo das datas será portanto efectuado com esta DURAÇÃO PROVÁVEL.

INTRODUÇÃO AO CÁLCULO AUTOMÁTICO

Para lá de 100 operações, a prática do cálculo manual aplicada a uma rede torna-se difícil; é então necessário recorrer a máquinas tal como a máquina de calcular, no caso mais simples, ou . . . o ordenador para os casos complexos.

Os programas foram feitos pelo grupo C. F. R. O. — O. B. M. para um grande número de ordenadores (1401 IBM, GE 225, 7090 IBM, etc.).

DESENVOLVIMENTO DO P. E. R. T.: INTRODUÇÃO DOS CUSTOS

A partir do momento em que se calculou o prazo mais curto para a realização de um projecto, pode-se igualmente tentar calcular qual será o custo correspondente a tal duração.

Deste modo, é igualmente possível procurar saber a que preço suplementar tais durações poderiam ser mais diminuídas. Numa tal eventualidade, porque não tornar «crítico» o conjunto dos caminhos? E a que preço? Não haverá entre estes casos extremos um «CUSTO ÓPTIMO»?

O P. E. R. T. e a técnica das redes permitem tais pesquisas.

«OPTIMIZAÇÃO» DOS CUSTOS

A uma dada duração geralmente associa-se um dado custo: ora o custo de um trabalho é a maior parte das veze uma soma de factores diferentes que geralmente se classifica em:

— custo directo
— custo indirecto

O custo directo é geralmente função do tempo: ou seja, para uma operação considerada, quanto mais curto for o tempo, mais recursos será preciso mobilizar e efectuar investimentos suplementares.

Nos casos mais gerais, chega-se a uma curva do tipo da da figura 9.

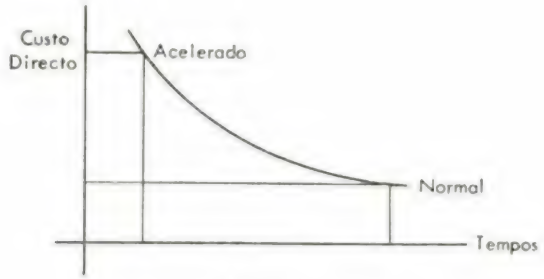


Fig. 9

Exemplo:

Para realizar uma instalação num prazo mais curto, é necessário mandar fazer horas extraordinárias.

Em geral, é relativamente fácil determinar o aumento do custo por unidade de tempo economizado.

O custo indirecto corresponde geralmente a um conjunto de despesas fixas ou variáveis, que se acumulam à medida que o projecto se desenvolve.

Segue portanto uma curva do tipo da da figura 10.

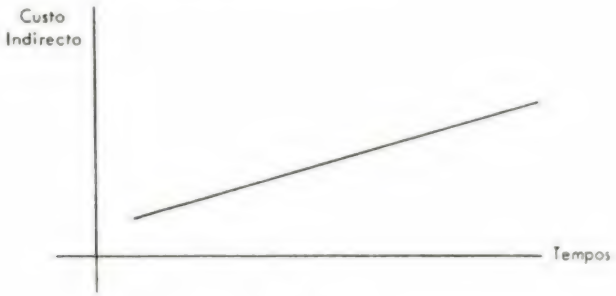


Fig. 10

Se associarmos as curvas das figuras 9 e 10 (ver fig. 11), nota-se que se obtém assim uma curva resultante em que os pontos da abcissa B e da ordenada A correspondem efectivamente aos:

— tempo óptimo,
— custo óptimo,

· para um dado trabalho,
· para um dado projecto.

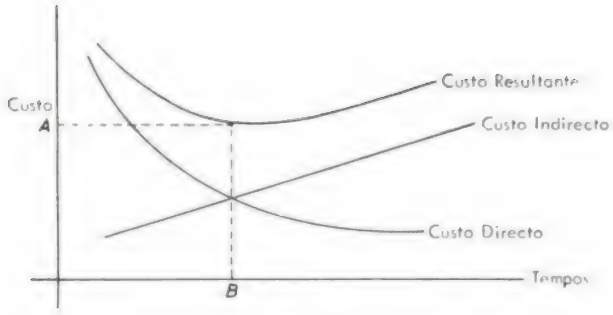


Fig. 11

Dá-se portanto à direcção do projecto um método tal que o ganho de tempo para o realizar conduz a um custo mínimo.

É evidente que tais cálculos serão efectuados primeiro em operações situadas no «caminho crítico», onde se obterá, em particular, o trabalho cuja aceleração poderá ser obtida com o mais fraco aumento de custo.

Esta técnica de associação dos custos e das durações desenvolveu-se sob a denominação C.P.M. (Critical Path Method).

UTILIZAÇÃO DO ORDENADOR

Estas informações de entradas do C.P.M., assim como as do P.E.R.T. são muito simples; é necessário possuir :

— a referência de cada trabalho (numeração com sequência),
— a duração NORMAL ou PROVÁVEL,
— o custo NORMAL,
— a duração ACELERADA,
— o custo por cada duração ACELERADA.

Todas as informações de saída são obtidas a partir destes quatro dados: o produto principal é uma lista de planos sucessivos onde terão sido «reduzidos» os valores normais de duração ao seu valor acelerado, mantendo-se pelo custo mínimo associado.

Cada plano, claramente traduzido pelo ordenador, indica :

— a duração dos trabalhos,
— o custo associado,
— a duração do projecto total
— o custo directo associado.

Em termos simples, procura-se, para a máquina, no caminho crítico, o tempo ao preço mais baixo: naturalmente, atinge-se um momento em que o caminho crítico primitivo é tão acelerado que um outro caminho se torna igualmente crítico.

Continuam-se os cálculos até que se não possa ganhar mais tempo, mas sòmente aumentar o custo: nesse momento atinge-se o PLANO ÓPTIMO.

Este método pode ser só aplicado ao custo directo ou ao conjunto dos custos.

OUTRAS TÉCNICAS

Na maior parte dos exemplos atrás dados, não levámos em conta os recursos. Noutros termos, suposemos sempre que os meios utilizados para a realização efectiva dos trabalhos, ao custo e segundo

a duração considerada, eram disponíveis: máquinas sem limite de carga de emprego, efectivo de mão-de-obra disponível, etc.

Infelizmente, por mais importantes que sejam os projectos, certos recursos são limitados: este «constrangimento» suplementar vai pois constituir para o projecto considerado um obstáculo suplementar.

As técnicas P.E.R.T., C.P.M., estão efectivamente adaptadas a este tipo de problemas porque os programas de cálculo são estabelecidos em função desta limitação de recursos.

Em todos os casos, o conjunto destas técnicas de ordenamento chega a determinar, por exemplo, os meios de:

— atingir o melhor prazo com um determinado efectivo ou um factor de produção qualquer limitando a velocidade de realização,
— atingir o melhor prazo com um orçamento determinado,
— atingir o custo mínimo para um dado prazo,
— calcular as indemnizações de atrazo a impor aos fornecedores,
etc.

Os diferentes tipos de constrangimentos a incorporar não condenam o princípio do sistema; só lhe acrescentam complexidade, determinando ainda mais a utilização de um ordenador.

CONCLUSÃO

Se nas empresas, a preocupação de melhorar a produção foi inicialmente o fim a atingir e ainda o é muitas vezes, é às técnicas tais como a simplificação do trabalho, o estudo das estruturas, etc., que se pede as soluções destes problemas.

A tecnologia aplicada aos meios de produção é a demonstração de utilização do espírito científico sob a forma de método de análise, de escolha de modelos simplificados de fenómenos complexos.

Evidentemente que era natural ocuparem-se das operações repetitivas onde os ganhos eram os mais importante.

Mas há dificuldades maiores desde que se abordam fenómenos complexos e aleatórios que diversos sistemas de ordenamento se esforçam por resolver de uma maneira mais ou menos empírica. Se isto se nota ainda na maior parte das empresas, é porque se dissocia muitas vezes a noção de duração da de custo.

Além de que, as empresas «geram» geralmente a sua produção, mais ou menos repetitiva na sua forma e até no produto, por meio de um ordenamento «clássico» e de uma contabilidade industrial evoluída.

Mas encontram-se mais raramente tais aplicações nos projectos únicos, tipo Engenharia Civil e o planning só chega a maior parte das vezes a «mobilizar» um maior ou menor número de pessoas encarregadas de seguir ou mesmo prosseguir, realizações limitadas, reduzindo os prazos.

Isto conduz evidentemente a incorências e execuções imperfeitas.

As técnicas novas agrupadas sob a designação P. E. R. T. têm o mérito de determinar os graus de interesse a conceder às diferentes étapes de um projecto para «optimizar» os custos, procurar cientìficamente os melhores meios e os mais rendosos na realização de um projecto.

Como todos os sistemas, tem evidentemente os seus limites: mas pelo menos reconheçamos-lhe o mérito de apresentar os factos a uma luz nova e mais esclarecida. Não impedirá o intervenção do homem e as suas decisões; fornece-lhe pelo menos os meios de decidir com melhores probabilidades.

Isto parece-nos considerável.

SUMÁRIO

Expõe-se neste artigo os princípios do método PERT (Program Evaluation and Review Technic), que é um instrumento de planeamento, controle e análise e, portanto, de correcção. Expõe-se ainda os processos associados para a optimização dos custos e para o emprego de um calculador.

SUMMARY

In this article are exposed the principles of the P.E.R.T. method (Program Evaluation and Review Technic), that is an instrument for planning, control and analysis, and, consequently, for correction. A few auxilliary processes for the evaluation of the optimum cost, and for the employ of a computer are also exposed.

SEMINÁRIO P. E. R. T.

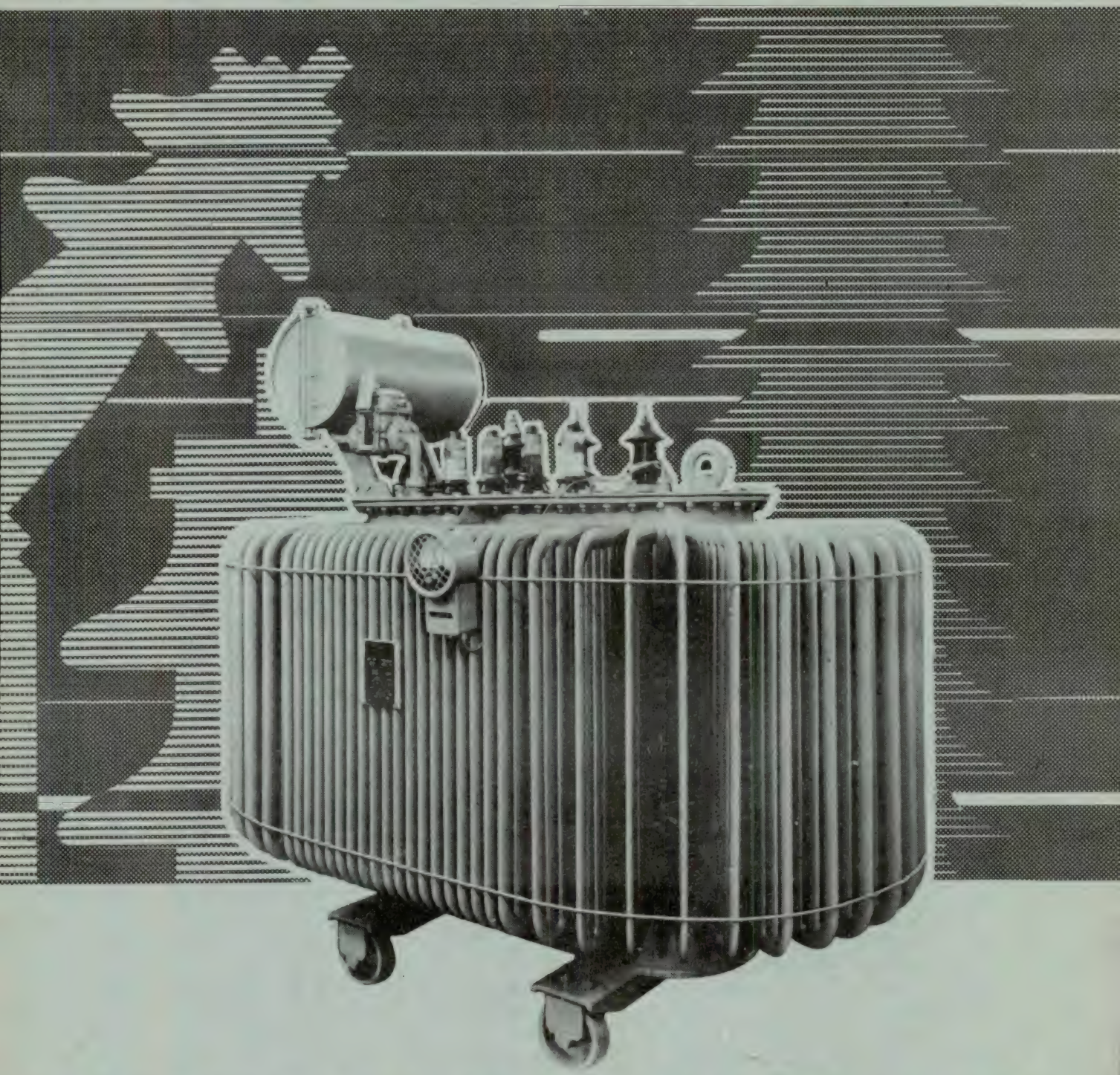
— Um Seminário especialmente dedicado aos engenheiros portugueses está em vias de formação: será útil endereçar a vossa eventual candidatura ao endereço abaixo indicado, e todas as informações vos serão enviadas na volta do correio.

BOSSARD et MICHEL LDA.

c/o UPJOHN, JUSTIN, HUMPRIES and Co.
Rua Rodrigues Sampaio, 19-6.º-B — LISBOA
Tel. 73 05 99

(em Paris: 10 rue Singer — PARIS 16º)

SIEMENS
PORTUGAL



TRANSFORMADORES MOTRA ATÉ 30 MVA E 60 KV
FABRICADOS SOB LICENÇA SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AG

REPRESENTANTES E DISTRIBUIDORES
SIEMENS COMPANHIA DE ELECTRICIDADE, S. A. R. L.
LISBOA • PORTO

ESTAMPARIAS TINTURARIAS LAVANDARIAS

PARA OS VOSSOS TECIDOS TECNICOS:
TRANSPORTADORES MANKONS, LAPPING, WOLFRIES.
FLANELAS, CANEVAS, ETC.,

EM FIBRAS NATURAIS OU SINTÉTICAS

Consultem:

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEF.: 93
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

FLUIDO E MASTIC

IMPERMEABILIZAÇÕES

TORNA TUDO ESTANQUE

Impermeabilização e vedação perfeita de:

Terraços, Empenas, Algerozes, Clarabóias, Paredes húmidas, Coberturas, Fendas, Juntas de dilatação, etc., etc.

Fácil aplicação — Elasticidade excepcional
Não endurece nem apodrece

ROOFATEX **À base de borracha + alumínio**

Reforça a acção impermeabilizante do «Rubio», dando às construções um aspecto agradável — Protege todos os materiais contra a humidade, a ferrugem e a corrosão

RUBIO E ROOFATEX dois produtos que se completam

Representante exclusivo: Orlando Fernandes

Rua Palmira, 46-A-B-C — LISBOA-1 — Telefs. 83 01 63 - 84 26 39 — End. telegr. «ORFER»

C. D. U. 621.39 : 517.512

ALISAMENTO DO ESPECTRO DE POTÊNCIA *

POR F. E. REBELO SIMÕES, ENG. ELECT. (I. S. T.)
Centro de Estudos de Electrónica
Comissão de Estudos de Energia Nuclear

1. Num artigo anterior [1] assinalámos a existência duma relação de incerteza entre a frequência e a densidade espectral de potência, nas determinações analíticas do espectro a partir de registos de duração finita.

Essa relação pode exprimir-se da seguinte forma:

$$\Delta f \,.\, \Delta\sigma \simeq \frac{a}{T}$$

em que $a \simeq 1$ e T é a duração total do registo.

A incerteza da determinação espectral é medida (de forma convencional) pela dispersão $\Delta\sigma$ (desvio padrão) das estimativas. Quanto à incerteza na frequência, será representada pelo conceito (também convencional) de resolução Δf, que mede o grau de localização das frequências para as quais se pretende estimar o espectro.

Estes resultados são igualmente válidos para o método directo e para o método da autocorrelação, como vamos mostrar esquemàticamente.

Para tanto consideremos um registo de N pontos de duração total $T = N\Delta t$, que pode ser fraccionado em p registos parciais de duração $T_k = n\Delta t$.

No método directo [1], [3] podem obter-se as seguintes relações:

$$\Delta f = \frac{1}{n\Delta t} = \frac{p}{T}$$

$$\Delta\sigma = \frac{1}{p}$$

$$\Delta f \,.\, \Delta\sigma = \frac{1}{T}$$

Supondo dados T e Δt, resta p (ou n) como parâmetro variável. Se se quiser aumentar a estabilidade da determinação (diminuindo a dispersão) torna-se necessário aumentar p (subdividindo o registo) o que, como sabemos, fará aumentar Δf na mesma proporção, mantendo-se constante o produto $\Delta f \,.\, \Delta\sigma$.

No método da autocorrelação [1], [2] tem-se:

$$\Delta f = \frac{1}{m\Delta t}$$

$$\Delta\sigma = \frac{1}{p} \,.\, \frac{1}{n/m - 1/3}$$

$$\Delta f \,.\, \Delta\sigma = \frac{1}{T} \,.\, \frac{1}{1 - mp/3N}$$

Ora, fixados N e T, restam 2 parâmetros independentes p e m com $n = N/p$ e a restrição $pm < N$. Se quisermos diminuir $\Delta\sigma$ devemos diminuir m (notar que a máxima variação possível de p conduz a uma variação de 50 % para $\Delta\sigma$). Assim, aumentará Δf, conservando $\Delta f \,.\, \Delta\sigma$ um valor entre $1/T$ e $1{,}5/T$.

Embora estas relações, nomeadamente aquelas em que intervém $\Delta\sigma$, sejam aproximadas, podemos concluir que, para diminuir a dispersão das estimativas feitas a partir dum registo inicial de duração T, ou se deverá subdividir este, ou então utilizar janelas mais estreitas [1] (esta redução, só no método de autocorrelação).

Em qualquer dos casos a resolução Δf aumentará, de acordo com a referida relação de incerteza.

2. Existe uma alternativa para este procedimento, em ambos os métodos, e que consiste no *alisamento* (1) do espectro por meio duma combinação linear das estimativas.

Esta nova maneira de fazer baixar $\Delta\sigma$ conduzirá no entanto ao inevitável aumento de Δf, sempre de acordo com a relação de incerteza.

O alisamento consiste no seguinte:

Seja $W^i(f)$ uma estimativa do espectro, reali-

(1) «Smoothing», na literatura de língua inglesa.

* Este trabalho integra-se num projecto sobre Análise Harmónica Generalizada, subsidiado em parte pela NATO.

zada por qualquer dos métodos referidos, e suponhamos que foram feitas determinações para as frequências $f = r/m\Delta t$. Designaremos estas estimativas simplesmente por W_r^i.

Façamos agora a combinação

$$Z_p = \frac{1}{2s+1} \sum_{k=-s}^{s} W_{p+k}^i$$

com $p = 0, 2s+1, 2(2s+1)$, etc., que pode considerar-se um caso particular da transformação

$$Z(f) = \frac{1}{2s+1} \sum_{k=-s}^{s} W^i(f + k\Delta f).$$

A cada translação $W^i(f - f_0)$ corresponde, como sabemos, a multiplicação da sua transformada inversa de Fourier $\psi^i(\tau)$ pelo factor $\epsilon^{j2\pi f_0 \tau}$.

Desta forma, a $Z(f)$ corresponderá a transformada

$$\Phi(\tau) = \frac{1}{2s+1} \psi^i(\tau) \sum_{k=-s}^{s} \epsilon^{j2\pi k\Delta f \cdot \tau}$$

ou

$$\Phi(\tau) = D_s(\tau)\, \psi^i(\tau)$$

com

$$D_s(\tau) = \frac{1}{2s+1} \frac{\operatorname{sen}(2s+1)\pi\tau/m\Delta t}{\operatorname{sen}(\pi\tau/m\Delta t)}$$

3. A quantidade $\psi^i(\tau)$, quer num método quer noutro, anula-se fora do intervalo $|\tau| < m\Delta t$ (com $m = n$ no método directo). Assim $D_s(\tau)$ actua apenas neste mesmo intervalo.

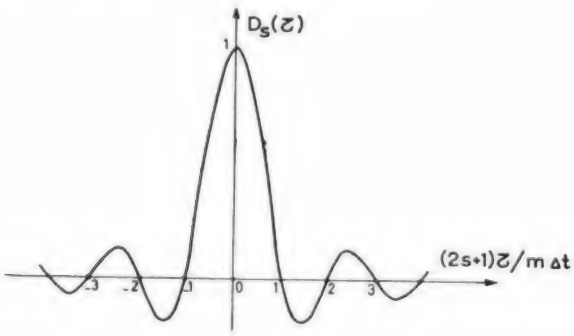


Fig. 1

Pelo que sabemos do método da autocorrelação, podemos dizer *grosso modo* tendo em vista a forma desta janela $D_s(\tau)$ (Fig. 1), que a resolução destas novas estimativas deve ser da ordem de $\frac{1}{m\Delta t/(2s+1)} = (2s+1)\Delta f$, e que a sua dispersão se deve reduzir a $\frac{m\Delta t/(2s+1)}{n\Delta t} = \frac{\Delta\sigma}{2s+1}$

Vamos no entanto confirmar estes resultados de forma mais rigorosa.

4. Dispersão

Como vimos no § 2, o alisamento consiste em substituir, de $2s+1$ em $2s+1$ pontos, cada estimativa pela sua média aritmética com as s imediatas de cada lado. Esta média é efectuada entre estimativas separadas de Δf, que se podem considerar pràticamente independentes.

Nestas condições a variância das estimativas é reduzida pelo factor $2s+1$; e como a média de conjunto das estimativas não se modifica pelo alisamento, segue-se que a dispersão (relativa) $\Delta\sigma$ será reduzida pelo mesmo factor.

5. Resolução

Pode concluir-se da natureza do alisamento que a janela espectral $Q_s(f)$ correspondente à janela de atrasos $D_s(\tau)$ é dada por

$$Q_s(f) = \frac{1}{2s+1} \sum_{q=-s}^{s} \delta(f - q\Delta f)$$

Por outro lado, para qualquer dos 2 métodos referidos tem-se

$$\langle W^i(f) \rangle = Q(f) * W(f)$$

e, de

$$\Phi(\tau) = D_s(\tau)\, \psi^i(\tau),$$

resulta

$$Z(f) = Q_s(f) * W^i(f).$$

Tomando médias de conjunto

$$\langle Z(f) \rangle = Q(f) * Q_s(f) * W(f) = \\ = Q'(f) * W(f)$$

em que

$$Q'(f) = \frac{1}{2s+1} \sum_{q=-s}^{s} Q(f - q\Delta f) \quad (1)$$

(1) Esta expressão pode obter-se directamente de $Z(f) = \frac{1}{2s+1} \sum_{q=-s}^{s} W^i(f - q\Delta f)$, tomando médias.

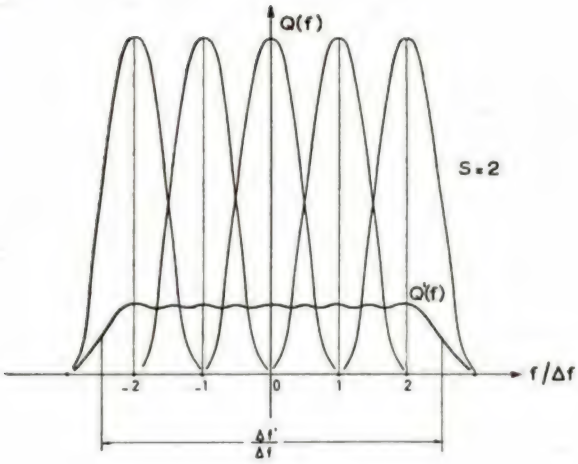


Fig. 2

Vê-se (Fig. 2), que a nova resolução é $(2s+1)\,\Delta f$, o que justifica ter-se tomado no alisamento apenas 1 em cada $2s+1$ pontos. (Notar que Q (f) é periódica mas não há sobreposição, visto ser $2s+1<m$).

6. Equivalência entre o alisamento e o uso das janelas D_r.

Vimos que o alisamento do espectro é absolutamente equivalente a usar uma janela complementar $D_s(\tau)$ no método da autocorrelação. Este alisamento é um caso particular da combinação linear mais geral

$$Z_r = \sum_{q=-s}^{s} A_{r,\,r+q}\, W^i_{r+q}$$

Raciocinando como anteriormente, obtém-se agora

$$Z(f) = \mathscr{F}\{\Phi(\tau)\}\ (1)$$
$$\Phi(\tau) = D(\tau)\,\psi^i(\tau)$$

com

$$D(\tau) = \sum_{q=-s}^{s} A_{r,\,r+q}\, e^{-j\,2\pi q\,\Delta f.\,\tau}$$

Como $D(\tau)$ deve ser real, resulta que

$$A_{r,\,r+q} = A_{r,\,r-q},$$

donde

$$D(\tau) = A_{r,r} + 2\sum_{q=1}^{s} A_{r,\,r+q}\cos 2\pi q\,\Delta f.\tau$$

(1) $\mathscr{F}$ — Transformada de Fourier.

Vemos que a um alisamento simétrico corresponde sempre uma janela $D(\tau)$. A recíproca exigirá que a janela $D(\tau)$ tenha um espectro de frequência limitado e discreto.

7. O custo do cálculo

Podemos avaliar fàcilmente o volume de cálculo, tomando como base os resultados do método da autocorrelação.

Partamos dum registo de duração total $T = N\,\Delta t$ e de banda F, e procedamos dos 2 modos seguintes de forma a obter os mesmos valores para Δf e para $\Delta\sigma$:

a) usemos exclusivamente o método da autocorrelação.

b) usemos o método da autocorrelação seguido de alisamento.

No 1.º caso teremos, usando expressões aproximadas [3], [4]

$$\Delta f = \frac{1}{m\,\Delta t} \qquad \Delta\sigma = \frac{m}{N} \qquad M_A = \frac{(2\,F/\Delta f)^2}{\Delta\sigma}$$

No 2.º caso teremos, numa 1.ª fase (método da autocorrelação com $m' \neq m$)

$$\Delta f' = \frac{1}{m'\,\Delta t} \qquad \Delta\sigma' = \frac{m'}{N} \qquad M'_A = \frac{(2\,F/\Delta f')^2}{\Delta\sigma'}$$

e numa 2.ª fase (alisamento) (2)

$$\Delta f = (2s+1)\,\Delta f' \qquad \Delta\sigma = \Delta\sigma'/(2s+1).$$

Comparando,

$$m'/m = 2s+1,$$

ficando s como parâmetro, sujeito à restrição $m' < N$.

Finalmente

$$\boxed{\frac{M'_A}{M_A} = 2s+1}$$

Quer dizer, para os mesmos Δf e $\Delta\sigma$, o emprego do alisamento implica o aumento do número de multiplicações necessárias, na razão de 1 para $2s+1$.

(2) Não contando as somas, cujo peso no cálculo é de pequena importância em face das multiplicações.

8. Conclusão

Este método não é económico e apenas interessa como uma correcção na medida em que se pretenda aumentar a estabilidade dum espectro já determinado, embora à custa da resolução de acordo com a relação de incerteza.

BIBLIOGRAFIA

[1] — Rebelo Simões — Determinação do espectro de potência a partir de registos cronológicos — «Técnica» — Março, 1962.

[2] — Blackman, Tukey — The Measurement of power spectra — Dover, 1958.

[3] — Ackasu — Measurement of noise power spectra by Fourier analysis — J. Appl. Phys. (32) 1961.

[4] — Rebelo Simões, Gomes Cerveira — Determinação do espectro de potência a partir de séries no tempo. XXVI Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências, Tomo II, 1962.

SUMÁRIO

Mostra-se que o alisamento do espectro de potência destinado a diminuir a dispersão das estimativas, conduz ao aumento da resolução, de acordo com uma relação de incerteza válida tanto no método da autocorrelação como no método directo.

Conclui-se ainda que, para os mesmos dados e para os mesmos requisitos de dispersão e resolução, esta técnica do alisamento envolve maior volume de cálculo do que o método da autocorrelação simples.

SUMMARY

Power spectrum smoothing used to decrease dispersion is shown to lead to an increase of the resolution, in agreement with an uncertainty relation holding both in autocorrelation and in direct methods.

It is seen that, for the same data and for the same specified dispersion and resolution this procedure as compared with simple autocorrelation method, involves a larger amount of computation.

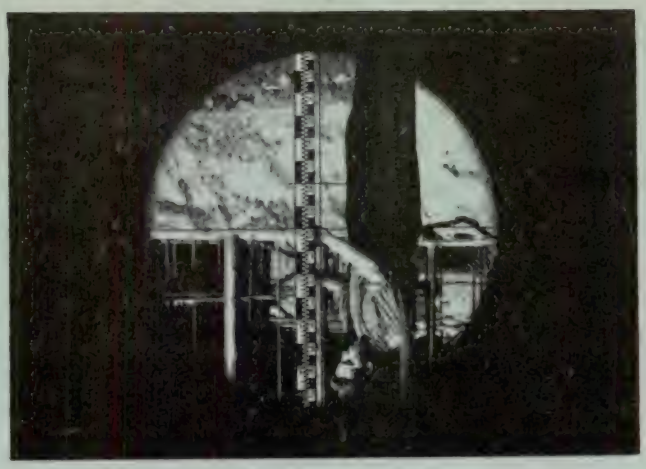
CONGRESSO SOBRE INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Organizado pelo CIB — Conseil Internacional du Batiment vai realizar-se em Copenhague de 23 a 28 de Agosto de 1965 um Congresso sobre a Industrialização da Construção.

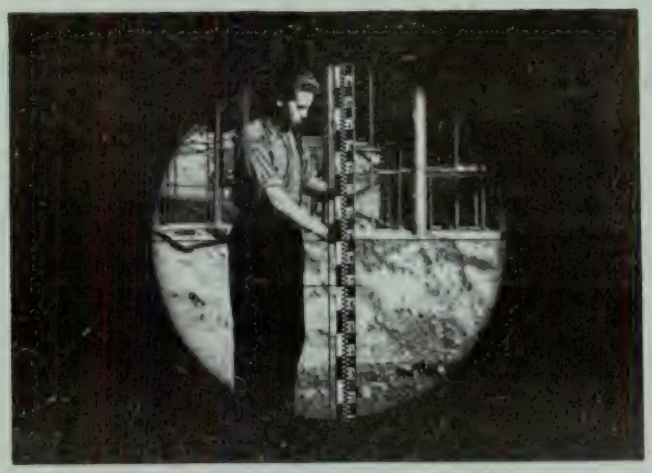
Em princípios de 1965 será distribuído o programa definitivo com os impressos para as inscrições finais, a todas as pessoas que manifestarem interesse em os receber, e que para isso se devem dirigir ao secretariado — CIB 3rd Congress, c/o DIS Congress Service; 19, Sankt Peders Straede, Copenhagen K — Dinamarca.

As inscrições custam 325 coroas dinamarquesas para os membros da CIB, 500 para os não membros e 160 para os acompanhantes.

ANTIGAMENTE :

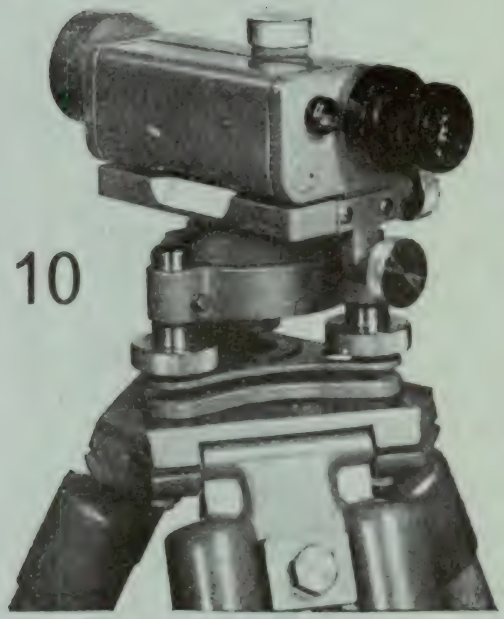


HOJE :



Com
imagem
direita
na luneta

WILD
HEERBRUGG



N 10

Trabalho cómodo e simples sem erros e sem dúvidas, sinais correctos, não invertidos, claros e rápidos.

O pequeno nível WILD N 10 com a designação «E» tem imagem direita do campo de observação na luneta. A mesma tem luminosidade igual ao modelo convencional e o mesmo tamanho.

Representantes exclusivos

WILD PORTUGAL, LDA.

PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8
LISBOA-2 — TELEFONE 68 11 27

Medidas em corrente contínua:

Gama: 50 mV-500 V (desvio a plena escala) em 7 gamas automáticamente seleccionadas; indicação automática da polaridade.

Precisão: 2,5% da plena escala.

Resistência de entrada: 10 MΩ

Medidas em corrente alternada

Gama: 50 mV-300 V (desvio a plena escala) em 7 gamas automáticamente seleccionadas.

Precisão: 2,5% da plena escala.

Gama de frequência: 20 c/s a 600 Mc/s (1 dB).

Capacidade de entrada: 3,5 pF.

Medidas de resistência

Gama: 10 Ω – 100 M Ω (desvio a plena escala) em 7 gamas seleccionadas automáticamente.

Precisão: 4%.

Medidas de tensões: 2 a 4 seg.

Medidas de resistências: 3 a 6 seg.

Calibração

Calibração interna de tensões incorporada.

Dimensões e peso

36 × 26 × 22 cm., 10 kg.

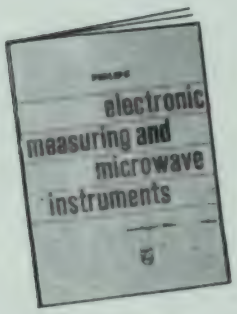
Acessórios opcionais

Sonda de alta-tensão GM 6070.
Adaptador em T coaxial PM 9250.

novo

volt-ohmímetro electrónico automático tipo PM 2405

combinando facilidade de operação com aplicação universal



Para mais detalhes àcêrca da gama completa de aparelhagem de medida e de micro-ondas PHILIPS pedir o catálogo de 1964, ref.nº.80.053B.

PHILIPS

PHILIPS

instrumentos electrônicos de medição

Vendas e assistência técnica em todo o Mundo

Philips Portuguesa S.A.R.L., Rua Joaquim Antonio d'Aguiar 66, LISBOA

Philips, Deptº. EMA, EINDHOVEN, Holanda

C. D. U. 622.753 — 33

A PREVISÃO DOS RESULTADOS NA LAVAGEM DE CARVÕES

POR LEOPOLDO PARREIRA CORTEZ
Assistente do I. S. T.
Assistente da C. E. E. N. (IAC)
no Laboratório de Preparação de Minérios

1 — INTRODUÇÃO

Na lavagem de carvões, tal como em qualquer outro ramo da Preparação de Minérios, um dos problemas que mais frequentemente se põe aos técnicos das lavarias é o da previsão dos resultados a que conduzirá o tratamento de um dado carvão bruto, em determinada máquina de concentração.

Este problema tem sido, nas últimas décadas, abordado por numerosos investigadores e, recentemente, graças especialmente aos trabalhos dos engenheiros do CERCHAR (Centre d'Études et Recherches des Charbonnages de France), foi elaborada uma teoria bastante completa sobre as possibilidades de lavagem dos carvões, já com larga aplicação e devidamente comprovada na prática industrial.

Entre nós, estes estudos não têm ainda suficiente divulgação, devido em parte à deficiente documentação existente na nossa língua sobre o assunto. Este artigo não tem outro objectivo senão o de tentar preencher essa lacuna, dando a conhecer resumidamente o essencial daquela teoria; servimo-nos, para a sua elaboração, da bibliografia existente na biblioteca do Laboratório de Preparação de Minérios da C. E. E. N. e em publicações cuja consulta nos foi facultada pelo Director deste Laboratório, Prof. Eng. José Quintino Rogado. Apresentamos, na bibliografia, uma lista de publicações sobre este assunto (assinalam-se com asterisco as que foram directamente consultadas), destinada a todos os que pretendam aprofundar o seu estudo e que possam achar nela motivos de interesse para as suas actividades profissionais.

Pretendeu-se tornar o artigo acessível a quem não esteja familiarizado com a terminologia da Preparação de Carvões, e também destiná-lo a ser usado como elemento de estudo pelos alunos do Curso de Engenharia de Minas do I.S.T.

2 — REPRESENTAÇÃO DA LAVABILIDADE DE UM CARVÃO

Na lavagem de carvões pretende-se, como se sabe, separar o carvão da ganga que o acompanha, normalmente xisto. O resultado desta separação depende, como é evidente, de certas características intrínsecas do carvão bruto e do processo ou da máquina utilizada na separação.

Esta baseia-se, normalmente, na diferença de densidade entre os grãos de carvão (mais leves) e de xisto (mais pesados) (1). No carvão bruto, todavia, não existem apenas partículas de carvão puro e de xisto puro; há ainda numerosas partículas mistas, de densidade intermédia entre as das espécies puras, cujo número é função da individualização destas na granulometria que se escolheu para a separação.

Assim, desde que se verifique uma correlação entre a densidade das partículas a separar e a sua pureza em carvão (avaliada normalmente pelo teor de cinzas), o meio mais prático de prever o resultado do seu tratamento (supondo-o ideal e perfeito), será ensaiar uma amostra representativa do carvão bruto, convenientemente calibrada na granulometria que se pretende tratar, em líquidos de densidade conhecida e variável entre a do carvão puro e a do xisto puro (2). Pesando e determinando o teor em cinzas de cada fracção afundada e flutuada nas diferentes densidades ensaiadas, obtém-se a repartição das partículas pelos intervalos densitários considerados e os respectivos teores de cinzas.

---

(1) Os processos de escolha manual e de flutuação, igualmente usados na preparação dos carvões, não se incluem em geral na designação de lavagem de carvões.

(2) Usam-se geralmente densidades variando entre 1,2 e 2,7 g cm^{-3}.

É assim possível traçar, em gráficos, a curva característica do carvão bruto (ou curva densitária) e as curvas de lavabilidade teóricas, que são construídas do seguinte modo:

a) Curva característica, ou curva densitária — marcam-se em abcissas as densidades de sepação, e em ordenadas as percentagens em peso dos produtos de densidade superior a essa densidade de separação (produtos afundados).

b) Curva de lavabilidade elementar — representam-se em abcissas os teores de cinzas dos produtos da fracção densitária $(d - \varepsilon, d + \varepsilon)$, infinitamente vizinha da densidade de separação d, e em ordenadas a percentagem ponderal dos produtos de densidade superior a d.

c) Curva de lavabilidade dos leves — marcam-se em abcissas o teor de cinzas médio dos produtos de densidade inferior à densidade de separação d, e em ordenadas a percentagem ponderal dos produtos de densidade superior a d. Também é chamada curva característica integral dos leves.

d) Curva de lavabilidade dos pesados — as abcissas representam o teor de cinzas médio dos produtos de densidade superior à densidade de separação d, e as ordenadas a percentagem ponderal dos produtos de densidade superior a d. Também se denomina curva característica integral dos pesados.

e) Costuma-se igualmente traçar a curva de correlação entre os teores de cinzas e as densidades, o que se faz marcando em abcissas as densidades de separação utilizadas e em ordenadas os teores médios de cinzas das fracções de densidades compreendidas no respectivo intervalo densitário considerado.

Entre as curvas de lavabilidade, existem relações geométricas simples (MOREAU, 1928), que não descreveremos.

Clàssicamente, a apresentação das curvas faz-se em gráficos com o aspecto apresentado na Fig. 1, cujo exame permite ler directamente, para cada densidade de separação, quais os rendimentos em peso e os teores de cinzas dos produtos de densidade inferior, superior e infinitamente próxima daquela ou, o que na prática é mais útil, qual a densidade de separação a utilizar para que, numa máquina perfeita, o carvão lavado (isto é, os produtos leves) tenha um teor de cinzas determinado e qual a proporção de carvão, em relação ao bruto, aproveitado nessa separação.

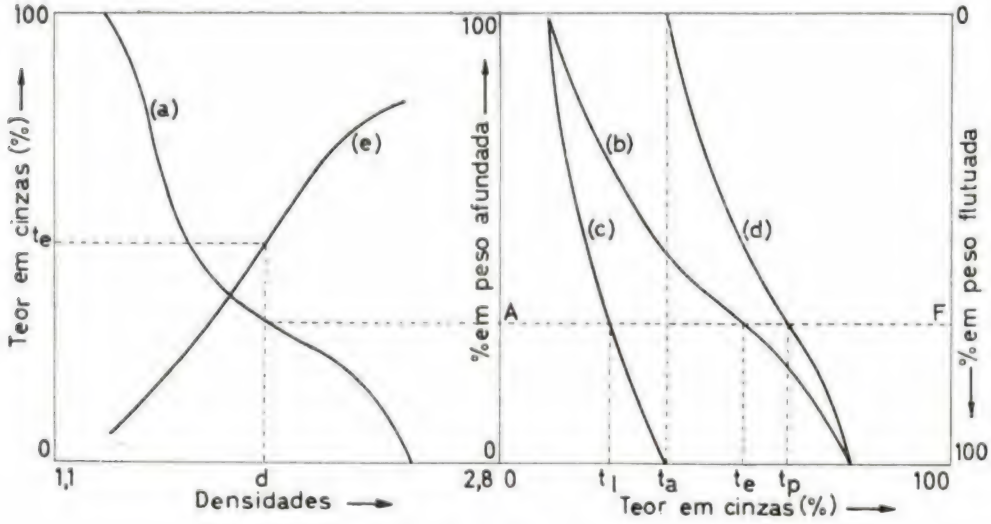


Fig. 1 — Curvas de lavabilidade de um carvão

Curva (a) — Curva densitária
Curva (b) — Curva elementar
Curva (c) — Curva dos leves
Curva (d) — Curva dos pesados
Curva (e) — Curva de correlação teor de cinzas vs. densidades

Assim, à densidade d, afundam-se A % de produtos, e flutuam F %. Os afundados têm um teor médio de cinzas t_p e os flutuados um teor médio t_l. As partículas de densidade próxima de d têm um teor médio t_c. O teor do carvão bruto é, evidentemente, t_a.

Com estas curvas representa-se portanto, de modo simples, a aptidão à lavagem (perfeita) de um carvão bruto.

3 — REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE UMA LAVAGEM INDUSTRIAL

3.1 — *Imperfeição da separação industrial*

Na lavagem de um carvão, realizada numa máquina industrial, a separação entre produtos leves e pesados não atinge òbviamente a perfeição conseguida num ensaio com líquidos densos. Isto porque, enquanto neste ensaio se consegue que todas as partículas de densidade superior à do líquido se afundem e as de densidade inferior flutuem, numa máquina industrial existem sempre partículas deslocadas, isto é, grãos leves que aparecem entre os afundados e grãos pesados nos flutuados.

Este facto deve-se a que, numa separação industrial, a interacção entre as partículas e a viscosidade do meio denso (que substitui geralmente, por razões económicas, os líquidos densos dos ensaios laboratoriais) contrariam a estratificação perfeita, obrigando algumas partículas a deslocarem-se do estrato em que, teòricamente, deveriam permanecer (ROGADO, 1961).

Assim, verifica-se que as partículas de alta e baixa densidades aparecem em geral correctamente distribuídas, mas aquelas de densidade intermédia distribuem-se pelo afundado e pelo flutuado em proporção tanto mais igual quanto a sua densidade for mais próxima de certo valor central. A esse valor central, a que corresponde igual proporção em peso entre os produtos afundados e flutuados, chama-se *densidade de corte*, d_c.

Observa-se, em geral, que a separação é mais imperfeita entre as partículas pesadas que entre as leves, o que se compreende atendendo a que a alimentação é normalmente introduzida pela parte superior da máquina, obrigando as partículas pesadas a percorrerem trajectórias mais longas e, portanto, a sofrerem maior perturbação devido à interacção entre as partículas (ROGADO, 1961).

O rigor de uma separação industrial pode ser avaliado por vários métodos, dos quais referiremos as curvas de distribuição densitária, as curvas de repartição, as curvas de valores médios e diversos aferidores que delas se deduzem.

3.2 — *Curvas de distribuição densitária*

Este método foi proposto por HEIDENREICH (1929), e é actualmente ainda bastante usado, especialmente pelos investigadores franceses do CERCHAR.

Ensaiam-se com líquidos densos amostras representativas da alimentação, dos produtos flutuados e dos produtos afundados da máquina em estudo; traçam-se seguidamente num gráfico as curvas:

a) Curva integral inferior da distribuição densitária da alimentação reconstituída — em abcissas marcam-se as densidades de separação usadas d e em ordenadas as percentagens em peso das partículas da alimentação de densidade superior a d (obtidas no ensaio com líquidos densos). É portanto a curva característica da alimentação.

b) Curva integral inferior da distribuição densitária do flutuado — as abcissas são as mesmas da curva anterior, as ordenadas representam a percentagem em peso, em relação à alimentação reconstituída, das partículas do flutuado de densidade superior a d.

c) Curva integral inferior da distribuição densitária do afundado — as abcissas continuam a ser as mesmas, as ordenadas representam a percentagem em peso, em relação à alimentação reconstituída, das partículas do afundado de densidade superior a d.

Estas curvas têm o aspecto apresentado na Fig. 2. Note-se que, por vezes, representam-se em abcissas não as densidades de separação, mas os teores de cinzas.

Este método corresponde, portanto, a traçar sobre um mesmo diagrama as curvas características da alimentação reconstituída e dos produtos obtidos, neste caso, o afundado e o flutuado (o método é aplicável, como veremos, para mais de dois produtos), referindo as percentagens destes em relação à alimentação.

Como se verifica na Fig. 2, as curvas do afundado e do flutuado, para valores respectivamente altos e baixos da densidade, coincidem com a

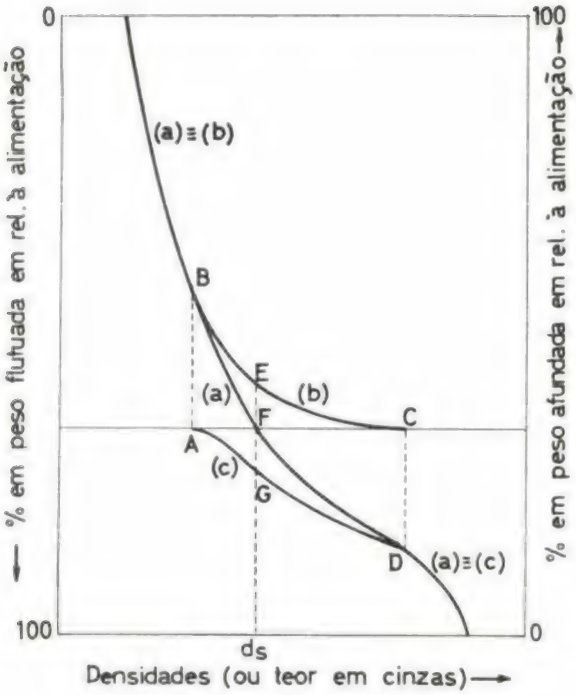


Fig. 2 — Curvas de distribuição densitária

Curva (a) — Curva integral inferior da distribuição densitária da alimentação
Curva (b) — Curva integral inferior da distribuição densitária do flutuado
Curva (c) — Curva integral inferior da distribuição densitária do afundado

curva da alimentação, o que revela que as partículas de alta e baixa densidade foram correctamente separadas. É nas densidades intermédias, como já se referiu, que aparecem partículas indevidamente colocadas, tornando os pesos do afundado ou do flutuado inferiores aos que teòricamente se deveriam obter; existem no afundado real partículas de densidade inferior a d_s, *densidade de separação teórica*, que é a densidade da separação perfeita que conduziria ao mesmo rendimento ponderal p do afundado (ou $100-p$ do flutuado) que a separação industrial efectivamente realizada, e no flutuado real partículas de densidade superior a d_s.

Se a separação fosse perfeita, todos os grãos estariam correctamente distribuídos e as curvas características dos dois produtos confundir-se-iam então com os dois troços da curva da alimentação acima e abaixo da densidade d_s.

Assim, o desvio entre as curvas do afundado e do flutuado em relação à curva da alimentação traduz o rigor que se obteve na separação. Para medir essa precisão empregam-se diversos aferidores, de que citamos:

a) Triângulos de erro: assim denominados por Heidenreich, avaliam-se pela área dos triângulos curvilíneos BFC e AFD; quanto maior o seu valor, menos precisa é a separação.

b) Percentagem de deslocados: mede-se pelo segmento de recta $\overline{EF} = \overline{FG}$, e representa a percentagem do flutuado (ou do afundado), em relação à alimentação, que à densidade de separação teórica d_s passaria ao afundado (ou ao flutuado), se a separação fosse perfeita; é portanto nula numa separação perfeita e aumenta com a imperfeição desta.

c) Rendimento orgânico: é a relação, expressa em percentagem, entre o peso de carvão lavado, efectivamente obtido na separação industrial, e o peso de carvão lavado, com o mesmo teor de cinzas, que se obteria numa separação perfeita. quanto mais próximo de 100 %, melhor é a separação.

Qualquer destes aferidores, como é evidente, depende da forma das curvas de distribuição densitária e portanto da composição e natureza do carvão tratado, da densidade de separação escolhida, das condições de trabalho da maquinaria, etc., não servindo pois para caracterizar nem o carvão bruto, nem a máquina separadora.

As curvas de distribuição densitária aplicam-se quer a uma separação em dois produtos, quer em três ou mais produtos. Para isso, procede-se do mesmo modo, ensaiando com líquidos densos os diversos produtos separados, e construindo de maneira semelhante as curvas do flutuado, do ou dos mistos e do afundado, tomando sempre as proporções destes produtos em relação à alimentação reconstituída.

Para uma separação em três produtos, o diagrama terá o aspecto da Fig. 3.

Definem-se igualmente as densidades teóricas de separação, d_{S1} e d_{S2}, entre o flutuado e o misto e o misto e o afundado, as percentagens de deslocados $\overline{DE} = \overline{EF}$ e $\overline{GH} = \overline{HI}$ para as duas separações, os triângulos de erro e os rendimentos orgânicos.

3.3 — *Curvas de repartição*

A curva de repartição foi introduzida em 1937 por Tromp (1937), que a traçou experimental-

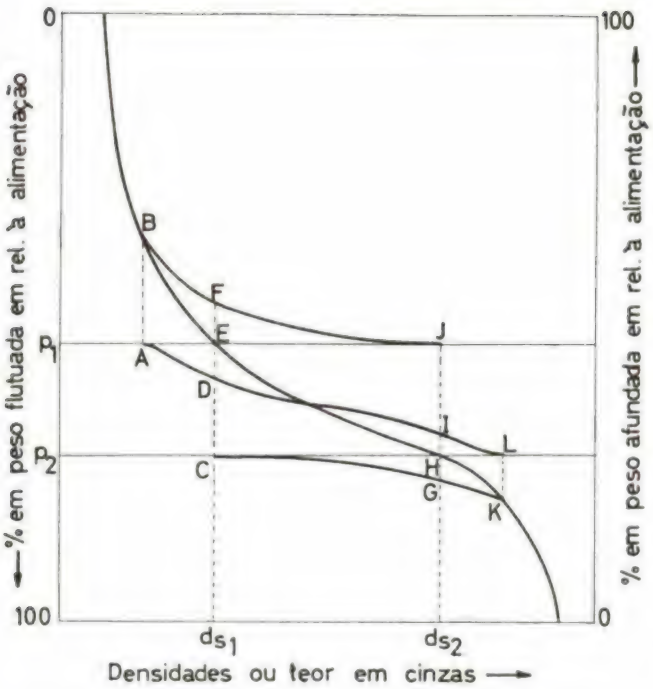


Fig. 3 — Curvas de distribuição densitária de uma separação em três produtos

d_{S_1} — densidade de separação teórica afundado-misto

d_{S_2} — densidade de separação teórica misto-flutuado

mente; é, por isso, também chamada *curva de Tromp* (1).

Constrói-se, para uma dada operação de separação dando dois produtos, marcando em abcissas a densidade d, e em ordenadas a percentagem do peso da fracção da alimentação de densidade compreendida no intervalo densitário fìsicamente pequeno $(d - \delta d,\ d + \delta d)$, que passou ao afundado. A esta percentagem chama-se *número de Tromp*.

Denomina-se *densidade de corte*, d_c, a densidade a que corresponde o ponto da curva com ordenada 50 %; é portanto a densidade da fracção que se distribui em quantidades iguais pelo afundado e pelo flutuado.

Numa separação teòricamente perfeita, todas as partículas de densidade inferior a d_c passam ao flutuado, e todas as de densidade superior ao afundado. A curva de repartição terá então o aspecto da Fig. 4.

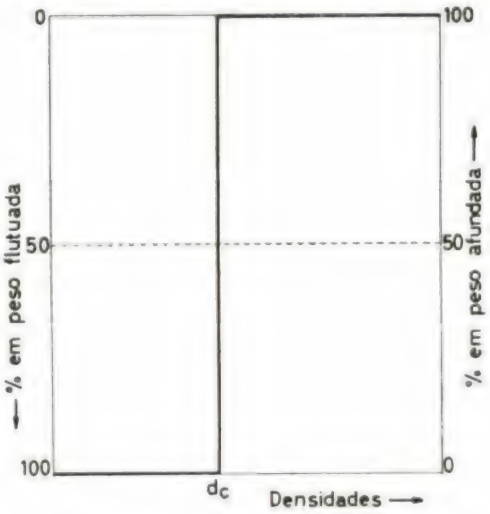


Fig. 4 — Curva de repartição de uma separação perfeita

Contudo, numa separação industrial, devido aos grãos deslocados a sua forma é semelhante à representada na Fig. 5.

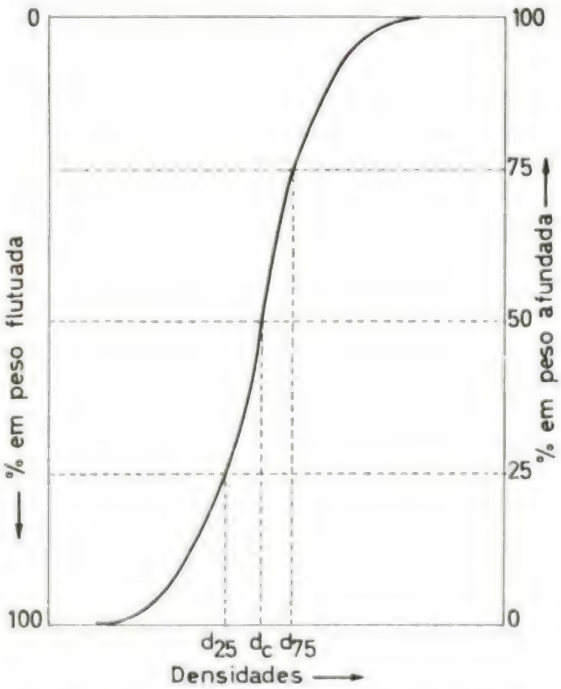


Fig. 5 — Curva de repartição de uma separação industrial

Este aspecto da curva de repartição conduziu TERRA (1938, 1939 e 1955) a procurar interpo-

(1) É aplicável, não apenas nas operações de concentração, mas também na hidroclassificação, em que permite igualmente fazer a previsão dos resultados (ROGADO, 1959).

lá-la utilizando a curva integral de Laplace-Gauss, definida como se sabe por:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{d} e^{-\frac{(d-d_c)^2}{2\sigma^2}} \partial d$$

em que d representa a densidade, d_c a densidade de corte, e σ é o desvio padrão, relacionado com o desvio provável Δ_p por:

$$\Delta_p = 0{,}6745\ \sigma$$

Esta hipótese, além de permitir dar expressão analítica à curva de Tromp, tem a grande vantagem de a definir apenas por dois parâmetros, a densidade de corte d_c e o desvio provável Δ_p, o qual, como é sabido, é dado para as curvas simétricas pela diferença entre as abcissas dos pontos de ordenadas 75 % e 50 % ou 50 % e 25 % ($\Delta_p = d_{75} - d_{50} = d_{50} - d_{25}$), e para as curvas assimétricas pela semi-diferença entre as abcissas dos pontos de ordenadas 75 % e 25 % :

$$\Delta_p = \frac{d_{75} - d_{25}}{2}$$

Embora Terra tenha apoiado a sua hipótese em numerosos resultados experimentais, a interpolação da curva de repartição pela curva integral de Laplace-Gauss não é unânimemente aceite por todos os investigadores.

Todavia, admite-se geralmente (DANIEL, 1958) que, com a maquinaria bem regulada:

a) na separação por meios densos, a lei de distribuição é efectivamente normal;

b) na separação hidrogravítica e pneumática, a lei de distribuição é lognormal, isto é, traduz-se pela curva integral de Laplace-Gauss, desde que se considere o logaritmo da densidade aparente, $log\ (d - d_0)$, em lugar da densidade; como é sabido, $d^0 = 1$ para a água e $d^* = 0$ para o ar.

Aceitando estas hipóteses, além da vantagem já referida de permitir caracterizar a curva de distribuição apenas por dois parâmetros, podemos, utilizando em ordenadas a escala anamorfisada de Galton-Hazen, torná-la sensìvelmente recta. Esta representação facilita os cálculos da previsão dos resultados e, além disso, permite detectar pela simples observação da forma da curva anamorfisada as separações processadas em deficientes condições (normalmente por incorrecta regulação da maquinaria), reveladas por distorsões das extremidades da curva, como se mostra na Fig. 6. DANIEL (1958) indica algumas interpretações destas anomalias.

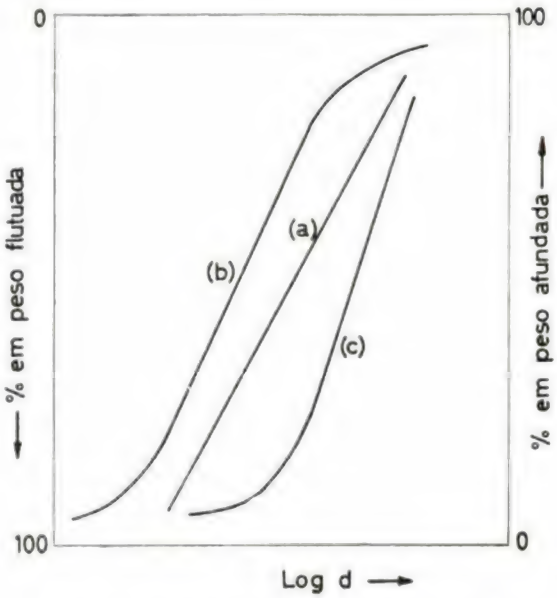


Fig. 6 — Curvas de repartição anamorfisadas

Curva (a) — Curva normal (rectilínea)

Curva (b) — Curva anómala, com distorsão nas duas extremidades

Curva (c) — Curva anómala, com distorsão nas baixas densidades

Já se referiu que a uma separação perfeita corresponde uma curva de Tromp como a da Fig. 4, e quanto mais imperfeita é a separação mais a curva se afasta daquela forma.

Assim, um bom aferidor da precisão da separação é a área compreendida entre a curva de Tromp e a vertical passando por d_c, a que se chama *área de erro* ou *área de Tromp* (representa-se por S_{Tr}).

Outro aferidor empregado é o desvio provável Δp, que tem contudo a desvantagem de apenas informar sobre a parte central da curva de repartição entre d_{75} e d_{25}, o que pode ter inconvenientes no caso de curvas anómalas.

Sendo as curvas normais, pode-se estabelecer relação analítica entre o desvio provável e a área de erro, exprimindo com qualquer destes dois conceitos o rigor da separação; TARJÁN (1959) indica a relação:

$$S_{Tr} = 118{,}3\ \Delta p$$

sendo a unidade da área de erro o quadrado de base igual a 1 % em peso.

Qualquer destes aferidores, no entanto, é função da forma da curva de Tromp e esta depende das variáveis da separação.

TERRA (1938) admitiu, em face de numerosos resultados experimentais, que para uma determinada máquina de separação e para o mesmo calibre máximo da alimentação, a curva de Tromp era independente da composição densitária e granulométrica da alimentação e da densidade de corte do aparelho, desde que esta não fosse muito próxima das densidades extremas das espécies presentes na alimentação.

Contudo, como mostra ROGADO (1961), estas conclusões são apenas aproximadamente válidas; com efeito, apenas na separação dos carvões em vasos com meios densos (casos mais frequentemente analisados por Terra), tal invariância pode ser admitida, pois as gamas presentes das densidades (variável entre 1,3 e 2,6) e dos calibres (a alimentação é normalmente calibrada entre limites semelhantes) são estreitas. No caso geral, como a experiência demonstra, a curva de Tromp varia com a composição densitária e granulométrica da alimentação e mais com esta do que com aquela. Todavia, não parece haver razão teórica para que a curva de Tromp varie com a densidade de corte, a não ser que a alteração desta faça variar o tempo de separação (ROGADO, 1961).

A invariância da curva de Tromp com a densidade de corte, no entanto, tem sido negada por vários investigadores (Tromp, Tarján, Belugou, Daniel), embora aceite por outros (YANCEY & GEER, 1951).

Não podendo, assim, caracterizar o rigor de uma separação independentemente das composições granulométrica e densitária da alimentação e da densidade de corte do aparelho, nem pelo desvio provável nem pela área de erro, Belugou e os investigadores do CERCHAR definiram um novo índice, a *Imperfeição I*, que, segundo eles, seria o procurado invariante. É definido por:

$$I = \frac{\Delta p}{d_c - d_o}$$

sendo d_o a densidade do fluido ($d_o = 1$ para a água e $d_o = 0$ para o ar). É um coeficiente sem dimensões. Com ele, os investigadores do CERCHAR caracterizaram diversos aparelhos, dando DANIEL (1958) uma lista de valores de I para vários tipos de máquinas.

Contudo, também a invariância de I não é unânimemente aceite: TARJÁN (1952), analisando alguns resultados obtidos por Yancey, mostra vários casos de lavagem de carvões (em hidrociclone e mesa pneumática, por exemplo), em que a Imperfeição, tal como o desvio provável, varia com a densidade de corte.

Apesar disso, actualmente aceita-se para caracterizar uma dada máquina, quer a Imperfeição, quer o desvio provável, como sendo independentes da natureza do carvão tratado, da densidade de corte e, dentro de certos limites, da carga do aparelho (BELUGOU & DANIEL, 1955).

Como já se referiu, a interpolação da curva de Tromp pela curva integral de Laplace-Gauss não é considerada válida por todos os investigadores; entre outros, o próprio Tromp, Mayer, Grumbrecht, Finkey e Tarján (TARJÁN, 1952), não a aceitam em todos os casos, e os próprios investigadores franceses (DANIEL, 1958), admitem a existência de curvas de repartição não assimiláveis à curva de Laplace-Gauss. Para estes casos, definem como invariante característico a Imperfeição equivalente que será a imperfeição lida na curva normal ou lognormal que conduz ao mesmo rendimento ponderal em carvão e ao mesmo teor de cinzas (e portanto ao mesmo rendimento orgânico) que a curva de repartição real.

TARJÁN (1959), introduz um outro aferidor da eficiência da separação que, segundo o autor, pode ser usado para curvas de repartição normais em que I e Δp são significativos, ou curvas anómalas (distorcidas nas extremidades correspondentes às altas e baixas densidades), em que I e Δp não caracterizam a curva, mas a área de Tromp S_T, pode caracterizá-la, e ainda para os casos em que os valores numéricos conhecidos são insuficientes para o traçado de toda a curva de repartição.

Esse aferidor t, é a média aritmética ou geométrica de dois índices t_1 e t_2, que Tarján define como

$$t_1 = 100\,\frac{v - \overline{T_1}}{v}\ \%$$

$$t_2 = 100\,\frac{\overline{T_2} - v}{100 - v}\ \%$$

Sendo:

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2} \%_0 \quad \text{ou:} \quad t = \sqrt{t_1 t_2} \%_0$$

Em que v é a percentagem em peso do produto afundado, $\overline{T_1}$ o valor médio do número de repartição entre a densidade mínima presente $d_{mín}$ e a densidade correspondente ao número de Tromp $T = v \%_0$, d_v, e $\overline{T_2}$ o valor médio do número de repartição entre d_v e a densidade máxima presente $d_{máx}$. Isto é, sendo Δd os intervalos densitários considerados:

$$\overline{T_1} = \frac{\sum_{d_{mín}}^{d_v} T \Delta d}{d_v - d_{mín}}$$

$$\overline{T_2} = \frac{\sum_{d_v}^{d_{máx}} T \Delta d}{d_{máx} - d_v}$$

O raciocínio de Tarján é o seguinte: a curva de repartição de uma separação em que não se observe absolutamente nenhuma concentração, é uma horizontal de ordenada v igual à percentagem em peso (sempre a mesma), afundada a qualquer densidade; será $T = v$ para todos os valores da abcissa. Para qualquer outra curva de repartição, a densidade real de separação será a correspondente ao valor $T = v$, e não ao valor $T = 50 \%_0$, isto é, à densidade de corte, como os autores franceses admitem.

Por exemplo, se a percentagem em peso de afundado é $10 \%_0$, e nele existem $50 \%_0$ das partículas da alimentação com densidade infinitamente próxima de d_c, então estas partículas não estão equitativamente distribuídas, pois elas existem no afundado em proporção $50/10 = 5$ vezes superior à que existia na alimentação, enquanto que no flutuado são $50/90 = 0{,}555$ vezes essa mesma proporção. Pelo contrário, a proporção de partículas de densidade d_v é a mesma nos dois produtos, sendo o afundado gradualmente mais rico em partículas de densidade maior que d_v e mais pobre em partículas de densidade menor que d_v, e dando-se o inverso para o flutuado.

Como se observa na Fig. 7, Tarján calcula a eficiência da separação t, pela média aritmética ou geométrica das eficiências t_1 e t_2, medindo cada uma destas o desvio da curva de repartição em relação à linha horizontal $T = v$. O raciocínio é o mesmo que se fez para a área de erro, que media o afastamento da curva em relação à linha vertical passando por d_c que representava a separação perfeita.

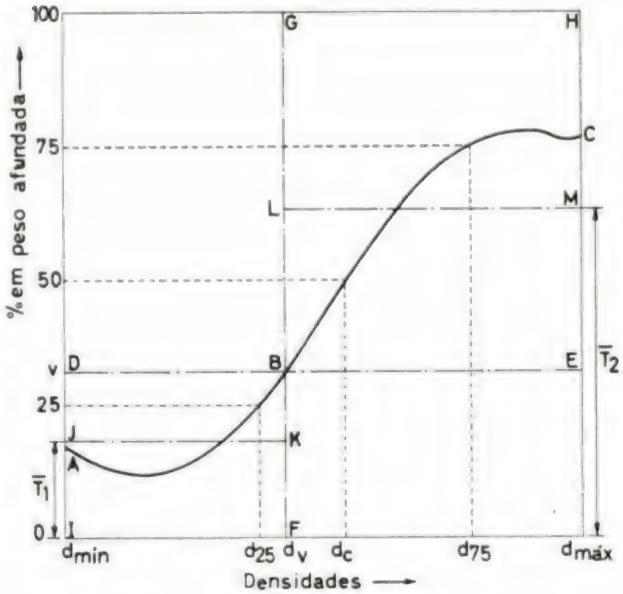


Fig. 7 — Curva de repartição anómala. Aferidor de Tarján

Para tal, calcula as áreas compreendidas entre os dois ramos da curva acima e abaixo da linha $T = v$ e esta linha, em proporção com as áreas totais dos rectângulos limitados por $T = 0$ e $T = v$, para o tramo inferior à linha $T = v$, e do rectângulo limitado por $T = v$ e $T = 100$, para o outro tramo. Introduzindo os valores médios $\overline{T_1}$ e $\overline{T_2}$, será:

$$t_1 (\%) = 100 \frac{[ABD]}{[IFBD]} = 100 \frac{[JKBD]}{[IFBD]} =$$

$$= 100 \frac{BK}{BF} = 100 \frac{v - \overline{T_1}}{v}$$

$$t_2 (\%) = 100 \frac{[BCE]}{[BGHE]} = 100 \frac{[BLME]}{[BGHE]} =$$

$$= 100 \frac{BL}{BG} = 100 \frac{\overline{T_2} - v}{100 - v}$$

Tarján indica um método aproximado de cálculo destes valores, sem necessidade de conhecer toda a curva de repartição. Esse método fornece os valores de t_1 e t_2 com certo erro, mas como os desvios de ambos são de sinais contrá-

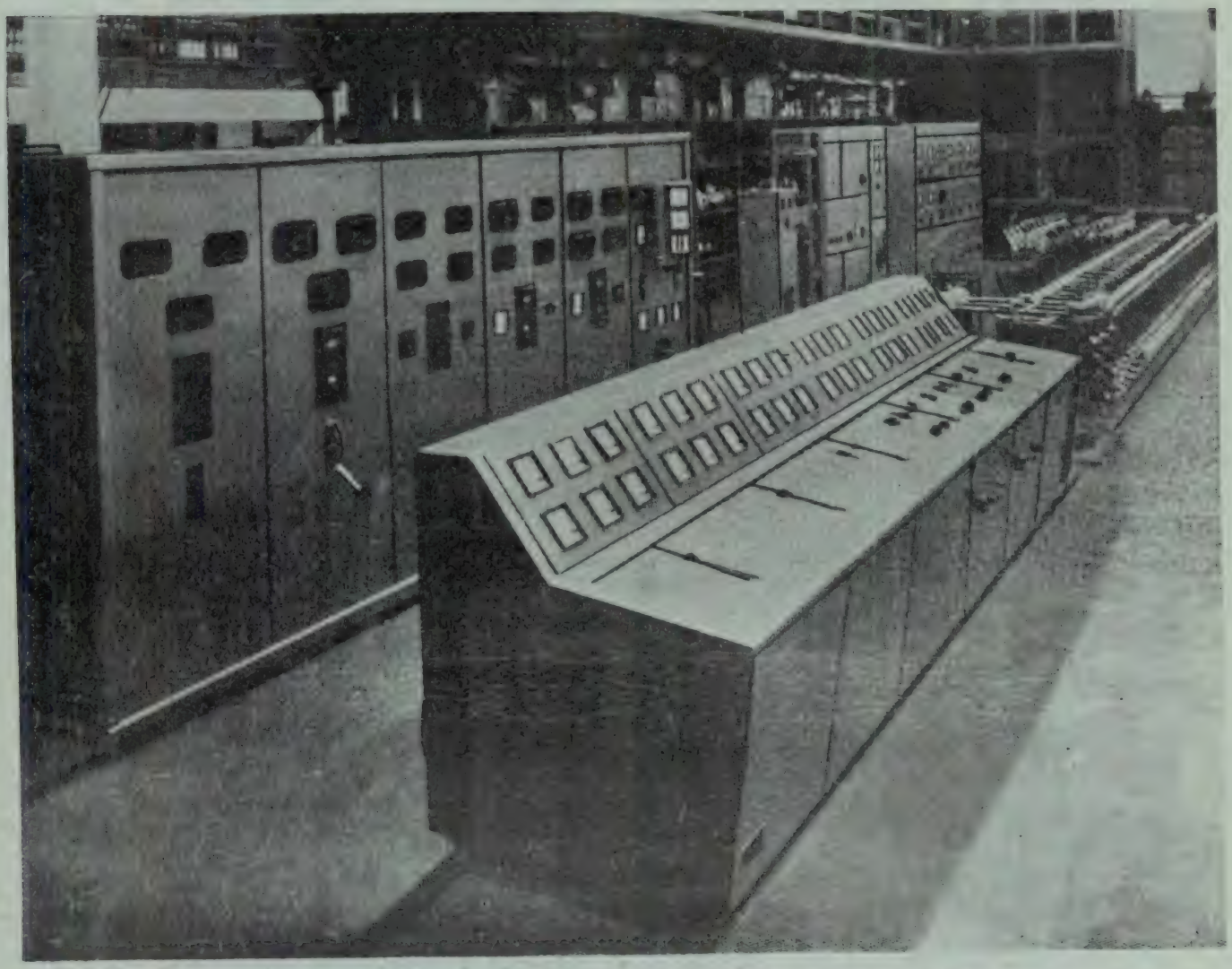
JAYME DA COSTA, L^DA

MECÂNICA E ELECTRICIDADE EM TODAS AS APLICAÇÕES

PORTO
Praça da Batalha, 12
Telef. 2 28 12 (PPC)

LISBOA
Rua dos Correeiros, 14
Telef. 32 70 35 (PPC)

LUANDA
Cx. Postal 5174
Telef. 4743

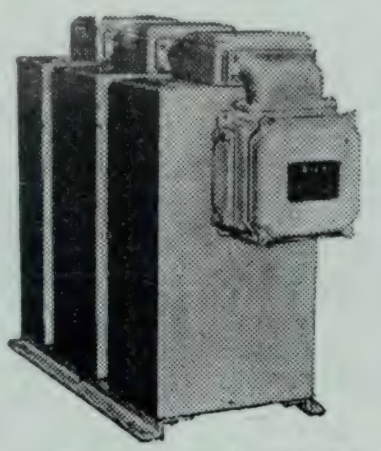


Material fabricado nas nossas oficinas, pronto para expedição

- Fabricação de aparelhagem eléctrica de alta e baixa tensão
- Equipamentos electromecânicos completos para centrais e fábricas
- Postos de transformação tipo monobloco
- Quadros blindados, capsulados e em armário
- Armaduras de iluminação de todos os tipos
- Contadores eléctricos e instrumentos de medida
- Telemedida e telecomando
- Instalações elevatórias de água
- Instalações de saneamento e esgotos
- Ferramentas de corte
- Motores Diesel industriais e marítimos
- Fogões eléctricos
- Frigoríficos
- Ventilação e condicionamento de ar
- Aparelhagem de Raios X e electromedicina

CONDENSADORES **ASEA**

PARA MELHORAMENTO DO FACTOR DE POTÊNCIA



Bateria de condensadores tipo CLB, 32 kVAr

- SE PAGA POR CONSUMO DE ENERGIA REACTIVA...
- SE A SUA INSTALAÇÃO ELÉCTRICA ESTÁ SOBRECARREGADA...

...consulte:

ASEA ELÉCTRICA L.DA

SEDE EM LISBOA
R. DE ARTILHARIA UM, 104,4º-Dº
Telefone P.P.C. — 68 90 17/8/9

END. TELEG.
ASEAPORT

FILIAL NO PORTO
R. DO CAMPO ALEGRE, 144
Telefone P.P.C. — 6 21 06/7

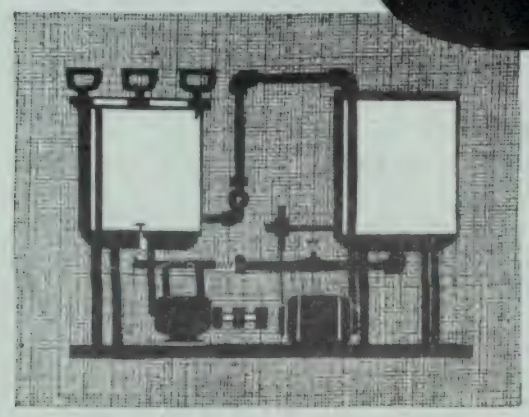
filtros

FILFRO, L.da

ALGUMAS DAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES:

Água • Açúcar • Óleos vegetais, animais e minerais • Cerveja
Sabão líquido • Resinas naturais e sintéticas • Vinhos • Vinagre
Glicerina • Tintas • Vernizes
Sumos de frutos • Xaropes
Azeite • Industria química

FILTROS NACIONAIS PARA TODOS OS PROBLEMAS DE FILTRAÇÃO



Inteiramente fabricados em Portugal, por técnicos e operários portugueses, segundo a patente port. n.º 29.917

Dezenas de instalações a funcionar no país atestam a sua excelente qualidade.

RUA CAPITÃO FILIPE DE SOUSA, 128
CALDAS DA RAINHA

FILTROS FILFRO, L.da PORTUGAL

rios, a sua média permite corrigi-los satisfatòriamente.

Tarján obteve também as seguintes relações entre o desvio provável e o seu aferidor t_{50}, correspondente a $v = 50\ \%$:

$$t_{50} = 98{,}8 - 206\ \Delta p \simeq 100\ (1 - 2\ \Delta p)$$

$$\Delta p = 0{,}48\ \frac{100 - t_{50}}{100} \simeq \frac{100 - t_{50}}{200}$$

Existem ainda vários outros índices para caracterizar o rigor de uma separação, de que resumiremos alguns.

TARJÁN (1952), a partir da expressão que dá o rendimento de uma concentração, deduziu o índice η (eficiência de separação), definido pela expressão:

$$\eta = \frac{v\ (100 - v) - 100\ h}{v\ (100 - v)}$$

em que v é a percentagem em peso do produto afundado (ou flutuado), e h a percentagem de partículas deslocadas, isto é, incorrectamente separadas, nele existentes.

Também HEIDENREICH (1951) sugere um método de cálculo da eficiência de uma separação, para curvas de repartição não interpoláveis pela função integral de Laplace-Gauss, muito semelhante ao proposto por Tarján.

No recente 4.° Congresso Internacional de Preparação de Carvões, realizado em Harrogate em Maio-Junho de 1962, Sarkar e Bose (FAVRE-BULLE, 1962), propuseram um novo índice, destinado a aferir as características de lavabilidade dos carvões estruturado do seguinte modo: calcula-se a partir da curva obtida marcando em abcissas o teor de cinzas em percentagem sobre o teor global de cinzas do carvão bruto e em ordenadas o rendimento ponderal em carvão lavado (decrescente). Essa curva tem o aspecto apresentado na Fig. 8.

A curva vai desde o rendimento 0 % correspondente a 0 % de cinzas, até ao rendimento 100 % correspondente a 100 % de cinzas. Para um carvão absolutamente não lavável afecta a forma de uma recta, como é evidente; quanto mais côncava fôr, mais fácil de lavar é o carvão.

O índice de Sarkar-Bose é a área A, compreendida entre a recta e a curva, expressa em percentagem da área total compreendida entre a recta e os eixos coordenados. Varia, portanto,

Fig. 8 — Índice de Sarkar-Bose

entre 0 % (carvão não lavável) e 100 % (carvão perfeitamente lavável). É variável com a granulometria do carvão, como é lógico.

3.4 — *Curvas de valores médios*

Este método foi introduzido por MAYER (1943, 1947, 1950), e revelou-se tão fecundo que foi adoptado pelos investigadores do CERCHAR, e os próprios BELUGOU e DANIEL (1955) o empregam na sua teoria das possibilidades de lavagem dos carvões.

Mayer propôs a adopção de um sistema de coordenadas vectoriais, em que se marca em abcissas o peso total acumulado R de cada fracção separada, e em ordenadas o peso total acumulado U das cinzas nela contida, sendo ambas as quantidades referidas a 100 % do carvão bruto [1].

Nestas coordenadas, a separação em dois produtos é representada pela intercepção de dois segmentos num ponto. Na Fig. 9, por exemplo, é assinalada pelo ponto A; o vector OA representa o carvão lavado, e o vector AZ o xisto.

A separação da alimentação em fracções, para o traçado da curva, pode ser obtida por quaisquer processos (com líquidos densos ou outros). Por exemplo, BELUGOU e DANIEL (1955), citam o em-

[1] Na curva inicialmente proposta pelo Dr. Mayer, as coordenadas eram marcadas ao contrário do que foi referido; porém, Belugou e Daniel inverteram-nas de modo a obter curvas cuja inclinação aumenta com o teor de cinzas.

Note-se que esta curva é muitas vezes mencionada como *curva M*.

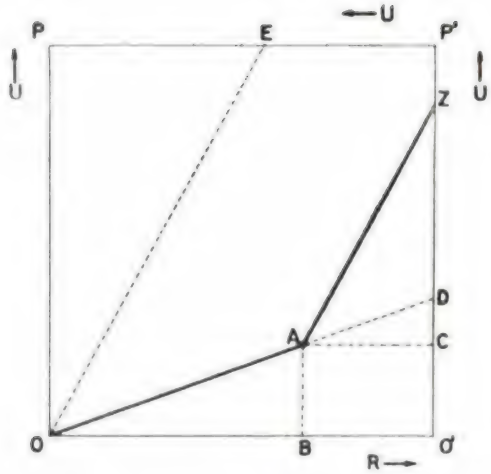


Fig. 9 — Curvas de valores médios. Separação em dois produtos

prego de curvas de valores médios obtidas numa separação por crivagem.

No sistema de coordenadas referido, o rendimento ponderal em carvão lavado é representado por OB; o peso de cinzas contido nesta fracção é AB, e portanto o seu teor de cinzas é dado por $\frac{AB}{OB}$, ou seja o valor D, pois o eixo O'P' está graduado em pesos de cinzas por 100 % de carvão bruto, quer dizer, em teores de cinzas.

Do mesmo modo, o rendimento ponderal em xisto é dado por BO'; o seu peso de cinzas é CZ, e o seu teor de cinzas é $\frac{CZ}{AC}$; lê-se no traço E da recta paralela a AZ, passando por O, com o eixo O'P'. Para não prolongar exageradamente este eixo, costuma-se graduar PP' com os teores de cinzas em continuação de O'P'.

O teor de cinzas do carvão bruto, como é evidente, é dado por O'Z (é igual ao peso de cinzas contido em 100 % da alimentação); tem portanto o valor lido em Z.

Uma das vantagens do emprego das curvas de valores médios, em relação às curvas de lavabilidade clássicas, reside na representação da separação de um carvão em mais de dois produtos, isto é, sempre que se obtenham produtos mistos, qualquer que seja o seu número. Nestes casos, a leitura dos resultados é de grande simplicidade, em contraste com os métodos de representação clássicos.

Assim, dividindo o carvão bruto, por um ensaio com líquidos densos, em fracções densitárias, marcando e unindo os pontos representativos das separações feitas, obtém-se uma linha quebrada com o aspecto apresentado na Fig. 10 (supõem-se 4 separações). A curva passando por estes pontos é a curva de valores médios, ou *curva M* (curva OABCDZ). Ela só por si, substitui as três curvas de lavabilidade clássicas.

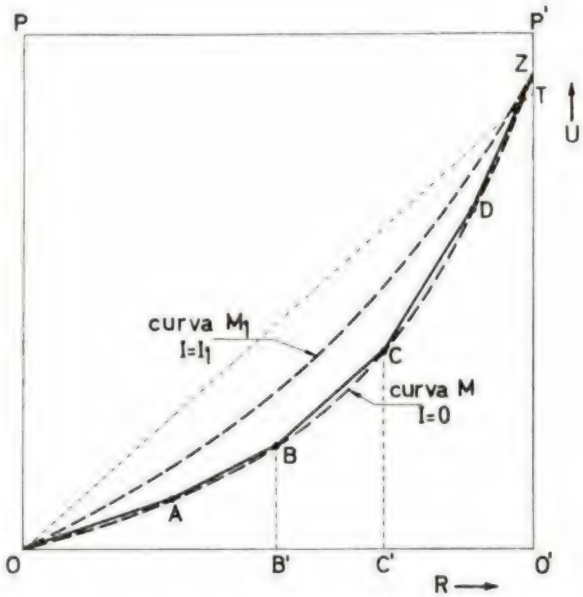


Fig. 10 — Curvas de valores médios. Separação em cinco prodntos

Para qualquer produto intermediário obtido, é directa a leitura no diagrama do rendimento ponderal e do teor respectivo. Por exemplo, para o misto representado pelo segmento BC: o seu rendimento em peso é dado por B'C', o teor de cinzas é lido em T (OT é paralelo a BC).

A curva M de um carvão obtido a partir de um ensaio com líquidos densos representa a curva de separação perfeita; pode-se portanto caracterizá-la por uma Imperfeição nula. Qualquer separação obtida numa máquina industrial de imperfeição $I_1 > 0$ será menos rigorosa, isto é, os pontos representativos das separações ficarão colocados acima dos pontos correspondentes à separação perfeita e apenas os pontos extremos O e Z serão os mesmos. Fazendo várias separações, a densidades diferentes, na mesma máquina de imperfeição I_1 conhecida e interpolando os pontos representativos, obtemos a curva M_1, característica da lavagem do carvão numa máquina de imperfeição I_1.

Repetindo os mesmos cálculos, com máquinas de imperfeição I_2, I_3, etc., obtém-se uma rede de curvas M de imperfeição constante, que representam as possibilidades de lavagem do carvão estudado e o caracterizam completamente. A rede terá o aspecto apresentado na Fig. 11, em que $I_2 > I_1 > I_0$.

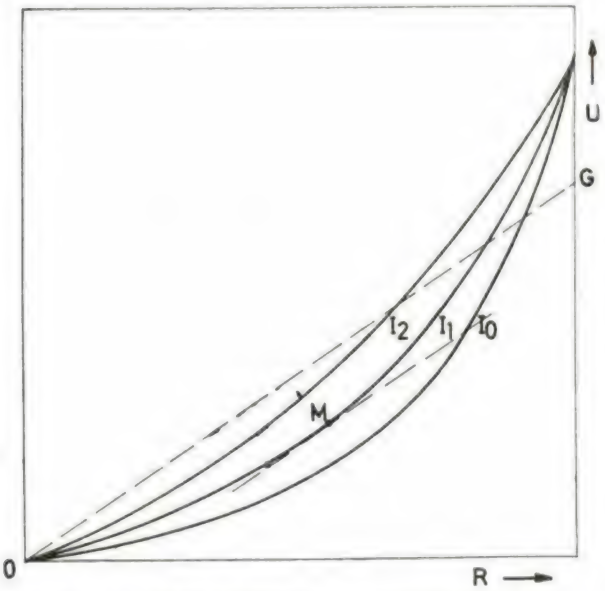


Fig. 11 — Rede de curvas M características de um carvão

Por meio desta rede de curvas, pode-se prever qual o resultado do tratamento do carvão considerado numa qualquer máquina de imperfeição conhecida, como se verá adiante.

A inclinação da tangente a uma curva num qualquer ponto M representa o limite para que tende o teor de um misto compreendido entre dois cortes vizinhos, quando as duas densidades de separação tendem uma para a outra. Belugou e Daniel denominam-no *teor de corte generalizado*; o seu valor é lido em G, sendo OG paralelo à tangente à curva em M. Este teor, na curva $I = 0$, é o teor de corte correspondente à respectiva densidade de corte lida na curva de lavabilidade clássica.

Belugou e Daniel definem também um outro índice, um pouco arbitrário mas bastante cómodo, que permite caracterizar a aptidão à lavagem de um dado carvão e comparar as possibilidades de lavagem de diferentes carvões.

Designam-no por *índice K*, e define-se como o teor do carvão lavado, obtido pelo tratamento numa máquina de imperfeição $I = 0{,}20$, com um rendimento orgânico de 90 %. Quanto maior o valor do índice, mais difícil é o carvão de tratar.

4 — A PREVISÃO DOS RESULTADOS DE UMA SEPARAÇÃO

4.1 — *Métodos de Previsão*

A previsão dos resultados da separação de um dado carvão numa determinada máquina, faz-se com base nas noções precedentemente descritas.

Usam-se normalmente dois métodos para realizar esta previsão: um baseia-se no traçado da curva de repartição de Tromp, o outro nas curvas de valores médios de Mayer. O primeiro é clássico e bastante rigoroso, embora trabalhoso, o segundo está a ter rápida expansão, devido à sua grande simplicidade.

4.2 — *Cálculo da Previsão*

O problema põe-se do seguinte modo: dado um carvão, definido pelas suas curvas de lavabilidade (ou pela sua curva M) traçadas à custa de ensaios com líquidos densos, e dada determinada máquina de separação, caracterizada pela sua densidade de separação e pelo desvio provável (ou Imperfeição), estimar quais os pesos e teores médios de cinzas dos produtos obtidos no tratamento desse carvão.

O primeiro passo será traçar a curva de repartição do aparelho, pois (dentro das hipóteses admitidas) é esta que vai permitir definir a separação.

Para tal, e aceitando que a curva de repartição é interpolável pela curva integral de Laplace-Gauss, traça-se a curva de repartição anamorfisada, o que não oferece dificuldades visto que à custa de d_c e Δp conhecemos três pontos da recta, correspondentes às ordenadas 25 %, 50 % e 75 %.

Quando não se quiser aceitar aquela interpolação como válida, há que tabelar a curva de repartição à custa de dados empíricos. Aceitando como boa a interpolação, mas querendo efectuar os cálculos com mais rigor (ou quando não se disponha de papel com escala anamorfisada), pode-se tabelar a curva de repartição do seguinte modo: divide-se o intervalo total de densidades entre o valor da espécie mais densa e o da espécie menos densa presentes no carvão bruto, em m

intervalos (para os carvões, toma-se geralmente $m = 8$ ou 10, e para os minérios metálicos $m = 20$, pois a gama das densidades presentes é mais larga nestes), correspondentes cada um a uma variação do número de Tromp n_i de $\frac{100}{m}$ %.

Será, por exemplo, a sucessão :

$$n_i = 0, 10, 20, \ldots . 90, 100$$

Os valores das densidades d_i correspondentes podem ser calculados à custa da função integral de Laplace-Gauss. FOURNOL (1955) determinou estes valores em função da densidade de corte d e do desvio provável Δp, desenvolvendo a função integral reduzida de Laplace-Gauss por séries. Deste modo, fica tabelada a curva de Tromp.

Obtida assim, ou por via geométrica ou por via analítica, a curva de repartição, toma-se para número de Tromp de cada intervalo de densidades (d_i, d_{i+1}), o valor médio

$$n_{i,i+1} = \frac{n_i + n_{i+1}}{2}$$

dos números de Tromp correspondentes às densidades extremas do intervalo.

Utilizando agora a curva característica do carvão a tratar, determinam-se os rendimentos em peso R_i correspondente às densidades d_i. A percentagem da alimentação contida no intervalo (d_i, d_{i+1}) será dada por $R_i - R_{i+1}$ (multiplicados por 100).

A parcela desta fracção que passará ao afundado real é dada por:

$$(R_i - R_{i+1}) \times n_{i,i+1}$$

O peso total de afundado, em percentagem da alimentação, será o somatório das parcelas correspondentes a todos os intervalos densitários considerados:

$$A = \sum_{i=1}^{m} (R_i - R_{i+1})\, n_{i,i+1}$$

O cálculo da composição e peso do flutuado faz-se de forma análoga; como neste caso, em cada intervalo considerado, os números de Tromp são a diferença para 100 dos números de Tromp do afundado, o peso total de flutuado expresso como percentagem da alimentação, é dado por:

$$F = \sum_{i=1}^{m} (R_i - R_{i+1})\, (100 - n_{i,i+1})$$

Este peso será o de carvão lavado que se prevê obter na separação considerada.

Estes cálculos fazem-se còmodamente utilizando um quadro como o indicado no Quadro 1.

QUADRO 1

Cálculo da previsão de uma lavagem

Intervalos de densidade	Números de Tromp médios	100 — Números de Tromp médios	% da Alimentação Contida	Passa ao Afundado	Passa ao Flutuado
d_1 / d_2	$n_{1,2}$	$100 - n_{1,2}$	$R_1 - R_2$	$n_{1,2}(R_1 - R_2)$	$(100 - n_{1,2})(R_1 - R_2)$
d_2 / d_3	$n_{2,3}$	$100 - n_{2,3}$	$R_2 - R_3$	$n_{2,3}(R_2 - R_3)$	$(100 - n_{2,3})(R_2 - R_3)$
— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —
— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —
d_{c-1} / d_c	$n_{c-1,c}$	$100 - n_{c-1,c}$	$R_{c-1} - R_c$	$n_{c-1,c}(R_{c-1} - R_c)$	$(100 - n_{c-1,c})(R_{c-1} - R_c)$
d_c / d_{c+1}	$n_{c,c+1}$	$100 - n_{c,c+1}$	$R_c - R_{c+1}$	$n_{c,c+1}(R_c - R_{c+1})$	$(100 - n_{c,c+1})(R_c - R_{c+1})$
— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —
— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —
d_m / d_{m+1}	$n_{m,m+1}$	$100 - n_{m,m+1}$	$R_m - R_{m+1}$	$n_{m,m+1}(R_m - R_{m+1})$	$(100 - n_{m,m+1})(R_m - R_{m+1})$
			Somas . . .	A	F

Como é evidente, deverá ser $A + F = 100$; contudo, tal só sucede quando $R_1 = 100$ e $R_{m+1} = 0$, isto é, quando se cobriu completamente, no ensaio com líquidos densos para o traçado da curva característica, toda a gama de densidades presentes.

Quando tal não é possível, pode-se, por meio de um artifício [1], manter o rigor do cálculo.

Vimos que:

$$A = \sum_{i=1}^{m} n_{i,i+1} (R_i - R_{i+1}) =$$

$$= \sum_{i=1}^{p} n_{i,i+1} (R_i - R_{i+1}) +$$

$$+ \sum_{i=p+1}^{m} n_{i,i+1} (R_i - R_{i+1}) =$$

$$= \sum_{i=1}^{p} n_{i,i+1} (R_i - R_{i+1}) +$$

$$+ \sum_{i=p+1}^{m} (100 - n_{i,i+1}) (R_{i+1} - R_i) -$$

$$- \sum_{i=p+1}^{m} 100 \, (R_{i+1} - R_i)$$

Mas:

$$100 \sum_{i=p+1}^{m} (R_{i+1} - R_i) =$$

$$= 100 \, (R_{m+1} - R_{p+1}) = - 100 \, R_{p+1}$$

Portanto:

$$A = \sum_{i=1}^{p} n_{i,i+1} (R_i - R_{i+1}) +$$

$$+ \sum_{i=p+1}^{m} (100 - n_{i,i+1}) (R_{i+1} - R_i) + 100 \, R_{p+1}$$

Ora, se d_{m+1} for tal que $n_{m+1} = 99{,}7 \simeq 100$, por exemplo, será $100 - n_{m,m+1} \simeq 0$, e não haverá vantagem em prolongar o somatório da segunda parcela além deste valor.

Do mesmo modo, se d_1 for tal que $n_1 = 0{,}3$, será $n_{1,2} \simeq 0$, e não vale a pena iniciar a soma da primeira parcela aquém deste valor.

Este resultado é importante no caso de se utilizar a curva anamorfisada para o cálculo dos números de Tromp, pois tal obriga geralmente a limitar a escala das ordenadas entre os valores 0,3 e 99,7 %.

---

[1] Apontamentos das aulas práticas de Preparação de Minérios II do I. S. T., curso do Prof. Eng.º José Quintino Rogado, no ano lectivo de 1958/59.

Além deste método, pode-se também aferir o cálculo por outro processo, desenvolvido pelos investigadores do CERCHAR, que permite simplificar bastante o cálculo sem lhe roubar precisão.

Consiste em fazer o somatório das fracções que passam ao afundado ou ao flutuado, a partir da curva de repartição, com uma máquina integradora, descrita na Nota Técnica n.º 3 53 do CERCHAR (BELUGOU et al., 1953).

4.3 – *Aplicação da curva de valores médios às possibilidades teóricas de lavagem*

As redes de curvas de valores médios, como já se referiu, permitem resolver ràpidamente um grande número de problemas da previsão dos resultados da lavagem de um carvão, cuja solução é morosa e difícil por outros processos, especialmente quando se obtêm mais de dois produtos.

Por exemplo, para uma separação em três produtos, conhecida a curva M característica da lavagem do carvão numa dada máquina de Imperfeição I_1, é possível prever, fixando duas das seis variáveis (rendimentos ponderais e teores de cinzas do carvão lavado, do misto e do xisto), as quatro restantes, como se torna evidente do exame da Fig. 12.

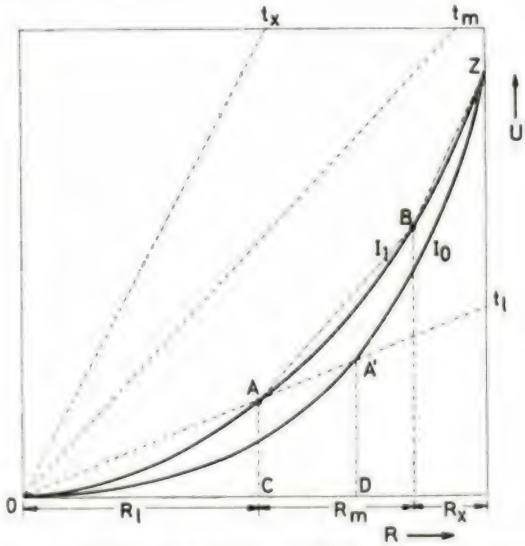


Fig. 12 — Curva de valores médios de uma separação em três produtos

R_1 — rendimento ponderal do carvão lavado
R_m — rendimento ponderal do misto
R_x — rendimento ponderal do xisto
t_1 — teor de cinzas do carvão lavado
t_m — teor de cinzas do misto
t_x — teor de cinzas do xisto

Também os rendimentos orgânicos podem ser directamente lidos, se disposermos da curva correspondente a $I_o = 0$. O rendimento orgânico da separação carvão-misto, por exemplo, é dado na Fig. 12 por $\frac{OC}{OD}$, visto OD representar o rendimento em peso da separação perfeita ($I = 0$) que conduz ao mesmo teor de cinzas t_l do carvão lavado.

São igualmente previsíveis os resultados de uma lavagem em que as separações dos produtos foram feitas com Imperfeições diferentes, o que é um caso corrente na prática. A Fig. 13 dá um exemplo de uma lavagem, em que o corte carvão-misto foi feito com a Imperfeição I_2 (ponto A) e o corte misto-xisto com a Imperfeição I_1 (ponto B). A leitura dos resultados é imediata, como se indica no diagrama.

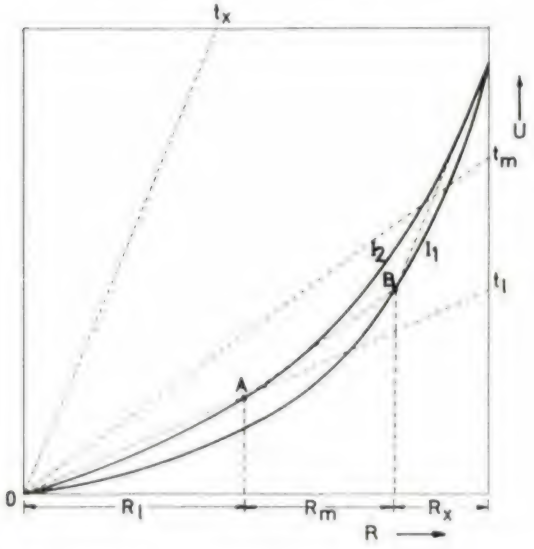


Fig. 13 — Curvas de valores médios de uma separação em três produtos, com diferentes imperfeições

(O significado das letras é o mesmo da Fig. 12)

Os exemplos da representação dos resultados de uma separação por meio das curvas de valores médios podem ser múltiplos. Não apresentaremos mais, pois os casos referidos são suficientemente típicos para permitirem a resolução de qualquer outro problema concreto que se apresente na prática industrial.

Terminamos assim o estudo da previsão dos resultados da lavagem de um carvão. A importância desta previsão é grande, como é evidente. Não só permite, numa lavaria bem afinada, estabelecer «à priori» os resultados (rendimentos em peso e teores de cinzas, nomeadamente) a que o tratamento de um determinado carvão deverá conduzir, como comparar, sem necessidade de ensaios complicados e onerosos, as características de lavabilidade de diferentes carvões, ou ainda escolher o tipo de aparelhagem necessária ao tratamento de determinado carvão, em função do grau de beneficiação que se pretende atingir; permite também, o que na prática não é menos importante, comparar os resultados teòricamente previstos com os realmente verificados e, através dos desvios observados, detectar, interpretar e corrigir erros de regulação da maquinaria, o que de outro modo seria de difícil realização.

5 — CONCLUSÕES

Apresentou-se uma sistematização, baseada na informação bibliográfica disponível, das noções fundamentais que conduziram à elaboração da moderna teoria das possibilidades de lavagem de um carvão, estruturada e desenvolvida pelos investigadores do CERCHAR, nomeadamente Belugou e Daniel.

Esta teoria assenta nas seguintes premissas:

a) Qualquer carvão pode ser definido pelas suas curvas características ou de lavabilidade, que traduzem, para uma determinada granulometria, a separação perfeita a que esse carvão pode conduzir.

b) O resultado de uma separação num aparelho industrial pode ser estimado pelas curvas de distribuição densitária, pela curva de repartição e pela curva de valores médios, e por diversos índices que delas se deduzem.

c) Admite-se geralmente que a curva de repartição pode, dentro de certos limites, ser interpolada pela função integral de Laplace-Gauss, o que permite caracterizá-la apenas por dois parâmetros, a densidade de corte e o desvio provável ou a imperfeição.

d) Actualmente, aceita-se (embora contra a opinião de alguns autores), que quer o desvio provável quer a imperfeição são sensìvelmente independentes da natureza do carvão tratado, da densidade de corte e, dentro de certos limites, da carga do aparelho, e, portanto, permitem caracterizá-lo com suficiente rigor.

e) O conhecimento conjugado das curvas de lavabilidade do carvão a tratar e da curva de

repartição da máquina, permitem prever qual o resultado do tratamento e portanto regular e afinar o processo de lavagem de modo a conseguir a melhor separação possível.

f) Adoptando a representação pela curva de valores médios, consegue-se grande comodidade de trabalho na previsão dos resultados, especialmente se na separação se obtêm mais de dois produtos.

Indica-se, na Bibliografia, lista pormenorizada de todas as obras mencionadas no texto.

6 — AGRADECIMENTO

Agradeço ao Prof. Eng. José Quintino Rogado, Director do Laboratório de Preparação de Minérios da C.E.E.N., a sugestão para a realização deste trabalho, a informação bibliográfica cuja consulta amàvelmente me facultou e os incitamentos e pertinentes críticas com que me animou durante a sua elaboração.

7 — REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Belugou, P., Soule, J. L. & Ait Ouyahia, M. (1953): Machine à calculer les possibilités de lavage. *Note technique n.º 3/53 des Charbonnages de France.* Paris.

* Belugou, P. & Daniel, J. (1955): Développements récents de la théorie des possibilités de lavage, et application aux charbons français. *Revue de l'Industrie Minérale,* 36, 626. Saint Etienne.

* Daniel, J. (1958): Représentation des résultats d'une séparation. *Document S. I. M. L 1, cap. II.* Ed. Revue de l'Industrie Minérale Saint Etienne.

* Favre-Bulle, B. (1962): Compte rendu du 4.ème Congrés International sur la préparation du charbon. *Revue de l'Industrie Minérale,* 44, 11. Saint Etienne.

* Fournol, H. (1955): Interpretation des resultats d'épurations de minerais par liqueur dense. Prévision et garanties par la méthode de dispersion. *PIC-Publ. int.* R-18.745. Paris.

Heidenreich, H. (1929): Untersuchungen in der Stein Kohlaufbereitung. *Glückauf,* 65, 192. Essen.

—— (1951): Die Kennzeichnung der trennschärfe von Kohlenaufbereitungsanlagen. *Glückauf,* 87. Essen.

Mayer, F. W (1943): Erweiterung das Verwaschungskurvenbildes durch eine Mittelgutkurve. *Glückauf,* 79. Essen.

* —— (1947): Neue Wege in der Aufbereitungforschung. *Bergbau-Archiv,* 4. Essen.

—— (1950): Die Mittelwert Kurve, eine neue Verwaschungskurve. *Glückauf,* 86. Essen.

* Moreau, A. (1928): Le lavage des charbons. *Revue de l'Industrie Minérale,* 184, 185 e 186. Saint Etienne.

* Rogado, J. Q. (1959): A previsão dos resultados na hidroclassificação. *Técnica,* 295. Lisboa.

* —— (1961): Concentração dos minérios hematíticos. Lisboa.

Tarján, G. (1952): Evaluating coal washery performance on curves of washability with the aid of Tromp's distribution curves. *Acta Technica Ac. Scient. Hung.,* 3, 3-4. Budapest.

* —— (1959): Suggestion for a new characteristic of the Tromp curve. *Acta Technica Ac. Scient. Hung.,* 27, 3-4. Budapest.

* Terra, A. (1938): Essai d'une théorie du lavage. *Revue de l'Industrie Minérale,* 425. Saint Etienne.

* —— (1939): Détermination pratique de l'écart probable en densité, caractéristique de la qualité d'un lavage. *Revue de l'Industrie Minérale,* 446. Saint Etienne.

* —— (1955): Sens de la courbe de partage anamorphosée et de l'écart probable dans le contrôle des Laveries. *Revue de l'Industrie Minérale,* 36, 626. Saint Etienne.

Tromp, K. F. (1937): Neue Wege für die Beurteilung der Aufbereitung von Steinkohlen. *Glückauf,* 73. Essen.

—— (1950): Notion de probabilité dans le lavage. *Revue de l'Industrie Minérale,* 31. Saint Etienne.

* Yancey, H. F., & Geer, M. R. (1951): Efficiency and sharpness of separation in evaluating coal-washery performance. *Transaction of AIME,* 190. New York.

RESUMO

A previsão dos resultados na lavagem de carvões

Apresenta-se uma sistematização, baseada na informação bibliográfica disponível das noções fundamentais que conduziram à elaboração da moderna teoria das possibilidades de lavagem de um carvão, estruturada e desenvolvida pelos investigadores do Cerchar.

Indica-se o traçado das curvas características e de lavabilidade de um carvão, e a representação de uma separação pelas curvas de distribuição densitária, curvas

de repartição e curvas de valores médios. Descrevem-se vários índices que aferem o rigor da separação.

Refere-se o cálculo da previsão dos resultados da lavagem de um carvão, baseado no conhecimento das suas curvas de lavabilidade e da curva de repartição da máquina separadora.

Indica-se lista bibliográfica das obras mencionadas.

SUMMARY

Estimation of coal washery results

Based on the available bibliography, a systematic presentation of the modern theory of the possibilities of coal washery, as developed by the Cerchar, is presented.

Explanation is given of the washability curves of coal, the presentation of a separation by Heidenreich distribution curves, Tromp distribution curves and Mayer M-curves. Several characteristics for evaluating the efficiency of separation are described.

Calculation of coal washery results, based on information from washability curves and the Tromp distribution curve of the washing apparatus is also refered to.

Detailed references are given.

INSTITUT SUPÉRIEUR DU BÉTON ARMÉ. (MARSELHA-FRANÇA)

Este Instituto, fundado em 1952. tem em vista a formação de engenheiros altamente especializados.

Os pedidos de admissão devem ser acompanhados de um «curriculum vitae» e dirigidos ao Secretariado do Instituto, 110, Boulevard de la Libération, Marseille (IVe) França.

Os candidatos deverão ser diplomados por uma escola francesa de engenharia, havendo, no entanto, alguns lugares destinados a diplomados por escolas estrangeiras.

A duração do curso é de um ano escolar, desde Novembro a fins de Junho.

A inscrição é de 220 francos.

Para obter informações mais detalhadas devem os interessados dirigir-se ao Secretariado do Instituto.

CATERPILLAR* + S.T.E.T.

O BINÓMIO MAIS VANTAJOSO PARA QUALQUER PROBLEMA DE

MOVIMENTAÇÃO DE TERRAS

CATERPILLAR* O fabricante mais especializado, em todo o mundo, de tractores de rasto e de rodas, pás mecânicas de rasto e rodas (traxcavators*), motoniveladoras, moto-scrapers, escarificadores, "bulldozers", motores industriais e marítimos, grupos electrogéneos.

S.T.E.T. **SOCIEDADE TECNICA DE EQUIPAMENTOS E TRACTORES, S.A.R.L.**

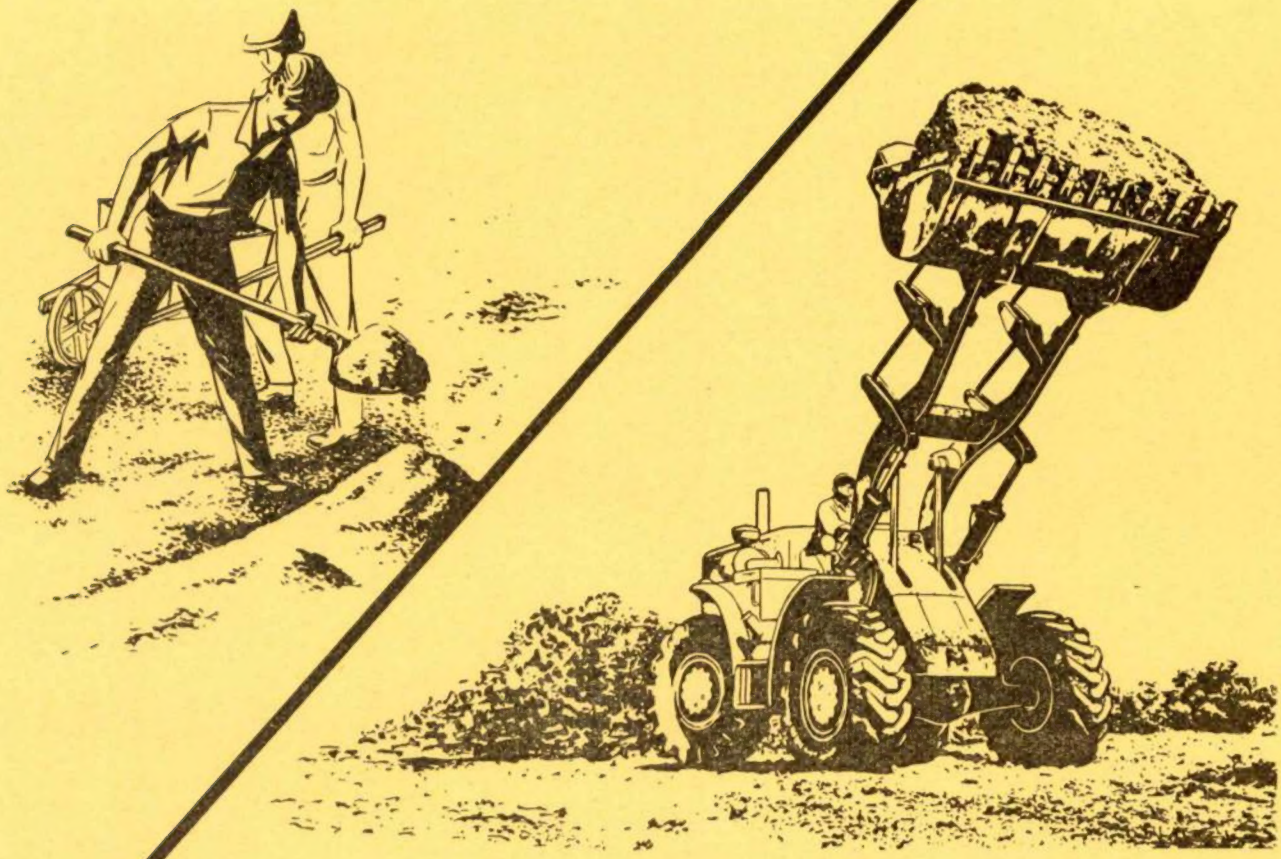
DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO EM PORTUGAL CONTINENTAL, ILHAS ADJACENTES, CABO VERDE E GUINÉ

ASSISTÊNCIA — REPARAÇÕES — PEÇAS GENUÍNAS

PRIOR VELHO — SACAVÉM
TELEF.: 251 0001/4 — TELEG.: «STETRA» — APARTADO 1351
LISBOA

* «CATERPILLAR» E «TRAXCAVATOR» SÃO MARCAS REGISTADAS DE CATERPILLAR TRACTOR CO. — PEORIA, ILLINOIS — E. U. A.

DA PÁ
CLÁSSICA
E DO CARRINHO
DE MÃO...



...À
PÁ MECÂNICA
(TRAXCAVATOR*)
CATERPILLAR*

TODO UM CAMINHO PERCORRIDO NA PROCURA DA MELHOR REALIZAÇÃO DO TRABALHO — DA MANEIRA MAIS EFICIENTE, MAIS ECONÓMICA E MAIS LUCRATIVA — PARA UMA MELHOR SATISFAÇÃO DAS NECESSIDADES HUMANAS.

ACTUALMENTE, EM QUALQUER TRABALHO DE

cerâmicas, minas e pedreiras,

A PALAVRA DA ORDEM É

CATERPILLAR*

S.T.E.T.

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO:

SOCIEDADE TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS E TRACTORES, S.A.R.L.
PRIOR VELHO — SACAVÉM
TELEF. 2510001/4 — TELEG. «STETRA» — APARTADO 1351 — LISBOA

* «CATERPILLAR» E «TRAXCAVATOR» SÃO MARCAS REGISTADAS DE CATERPILLAR TRACTOR CO. — PEORIA, ILLINOIS — E. U. A.

C. D. U. 621.317.33.035.443

CONDUTIVIDADE DE SOLUÇÕES AQUOSAS DE HIDRÓXIDO E CARBONATO DE SÓDIO

POR J. J. HORTA DOS SANTOS
Eng.º Electrotécnico (I. S. T.)

E J. P. ANTUNES GOMES
Eng.º Químico-Industrial (I. S. T.)

UNIÃO FABRIL DO AZOTO — ALFERRAREDE

1 — OBJECTIVO

A fim de procedermos a diversos estudos sobre a electrólise de soluções aquosas de soda cáustica, tivemos necessidade de conhecer as condutividades de soluções de hidróxido e de carbonato de sódio.

Na falta de dados, na literatura ao nosso dispor, nas concentrações e temperaturas que nos interessavam, tivemos que proceder à sua determinação laboratorial.

Assim, determinámos as condutividades de:

a) Soluções de hidróxido de sódio, em concentrações de 170 a 250 g/l;
b) Soluções de carbonato de sódio, em concentrações de 5 a 50 g/l;
c) Soluções contendo hidróxido e carbonato de sódio, no domínio das concentrações anteriores.

Em qualquer dos casos, as determinações foram feitas cobrindo a gama de temperaturas de 65° a 85° C.

2 — GENERALIDADES SOBRE A DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE DE ELECTRÓLITOS

Antes de apresentarmos os resultados obtidos, parece-nos que não serão inúteis alguns comentários sobre as precauções a tomar, quando se pretendem efectuar medidas de condutividade com meios improvisados. A literatura refere-se, em geral, a equipamento elaborado especialmente para o efeito, e não ajuda muito a evitar tateamentos aos que só esporàdicamente efectuam tais medidas.

A determinação experimental da condutividade de electrólitos pouco difere do método de medida de uma resistência pela ponte de Wheatstone, visto que o problema consiste essencialmente na determinação da resistência de um troço de condutor electrolítico.

Neste caso, porém, teríamos que contar com o aparecimento de uma força contra-electromotriz, e com uma polarização dos eléctrodos. Ora, suprime-se justamente esta força contra-electromotriz, alimentando a ponte com uma tensão alternada. Há ainda movimento de iões nos dois sentidos, mas a polarização é quase anulada desde que se empregue uma frequência conveniente (cerca de 1000 Hz).

A célula de condutividade é constituída por um recipiente de vidro com 2 eléctrodos em platina platinada (platina coberta de esponja de platina); deve estar colocada num termostato que assegure a constância da temperatura durante a determinação.

A resistência R do troço de electrólito entre os eléctrodos é dada por

$$R = \rho \, . \, K = \frac{K}{\sigma} \, ,$$

sendo

ρ = resistividade do electrólito,
K = constante determinada experimentalmente e dependente da geometria da célula,
σ = condutividade do electrólito.

A determinação de K faz-se utilizando um electrólito de condutividade conhecida, em geral, uma solução aquosa de cloreto de potássio (1).

(1) Consulte-se, por exemplo, Tables of Physical and Chemical Constants, de G. W. C. Kaye e T. H. Laby, Ed Longmans, Green & Co., 12.ª edição, págs. 144 e 145.

A constante da célula K exprime-se em cm^{-1} e, a condutividade, em mho. cm^{-1} ou μ mho. cm^{-1}.

3 — EFEITOS PERTURBADORES NAS DETERMINAÇÕES DE CONDUTIVIDADE

Se as pontes de corrente alternada permitem eliminar algumas dificuldades associadas às medidas de condutividade de electrólitos, introduzem, por outro lado, problemas nem sempre fáceis de resolver.

Estes problemas derivam da existência de auto-induções, de induções mútuas e de capacidades distribuídas, nos vários elementos do sistema de medida. A própria célula de medida apresenta uma certa capacidade.

As impedâncias que constituem a ponte não são então consideradas como grandezas reais (resistências óhmicas) mas sim como grandezas complexas. Em vez de uma única condição de equilíbrio, devem ser satisfeitas duas condições simultâneas (uma entre os módulos e outra entre os argumentos).

Será necessário atenuar ou, pelo menos, tornar bem definidas as grandezas perturbadoras. Assim, as resistências da ponte devem ser do tipo não indutivo. Além disso, para se diminuirem os acopulamentos indutivos e capacitivos, recorre-se à blindagem dos elementos individuais e a um arranjo conveniente no espaço.

O efeito das capacidades em relação à terra, impossível de eliminar, perde porém o seu carácter flutuante com o uso de blindagens e de cabos de ligação blindados.

Apesar de todas estas precauções, o equilíbrio só pode ser conseguido com a introdução, na ponte, de reactâncias variáveis, por exemplo, condensadores variáveis, de modo a satisfazer-se a relação entre os argumentos.

Mesmo assim, subsiste um sinal não nulo no detector, devido a acopulamentos inevitáveis entre o gerador de áudio e o elemento detector.

A presença de campos de 50 Hz na sala de medida constituiu outra fonte de ruído contra a qual tivemos de lutar. A forma de onda deste campo é fortemente deformada devida à existência local de uma grande instalação de rectificação; as harmónicas ainda têm amplitudes apreciáveis nas frequências próximas de 1000 Hz. Este facto obriga a uma cuidadosa blindagem, e a procurar, por tentativas, uma posição óptima para os vários componentes.

Convém ainda referir que o oscilador de A. F. deve fornecer uma tensão quase sinusoidal.

4 — EQUIPAMENTO UTILIZADO (Fig. 1)

Adaptou-se uma ponte «Cambridge» destinada a leituras com 4 algarismos. Infelizmente, trata-se de uma ponte para corrente contínua, sem correcção anti-indutiva. As caixas de resistências foram afastadas umas das outras e blindadas individualmente.

O oscilador de áudio-frequência foi construído com 2 duplos triódios (tipo 3A5), de aquecimento directo, alimentados com pilhas secas. O andar oscilador, do tipo Colpitts, é seguido de dois andares amplificadores.

Conseguiu-se um sinal de saída pràticamente sinusoidal, e com uma frequência de 1200 Hz.

Um oscilógrafo Cossor serviu de órgão detector. Apesar do amplificador interno do oscilógrafo, achou-se necessária uma amplificação adicional do sinal de desequilíbrio.

Construiu-se por isso um amplificador de 5 andares, também constituído com duplos triódios 3A5, e alimentado por pilhas próprias. No último andar introduziu-se uma polarização de grelha variável, capaz de levar a válvula ao corte. Conseguiu-se assim, uma apreciação mais cómoda do ponto de amplitude mínima do sinal de desequilíbrio, pois que se podia eliminar o sinal residual do alvo do oscilógrafo.

A estabilização de temperatura da célula fez-se utilizando o banho termostático de um viscosímetro capilar.

A temperatura é mantida com uma tolerância de 0,014 °C.

5 — CONSTRUÇÃO DAS CÉLULAS

Como se pretendia efectuar medidas em duas gamas diferentes de condutividades (soluções concentradas de hidróxido de sódio e soluções mais diluídas de carbonato de sódio), projectámos dois tipos de células.

Pretendia-se que, para as soluções a medir, a resistência fosse desde algumas centenas de ohm a alguns milhares de ohm. Valores muito baixos iriam realçar os erros de polarização; se a resistência fosse alta (acima de 10 000 Ω) não tira-

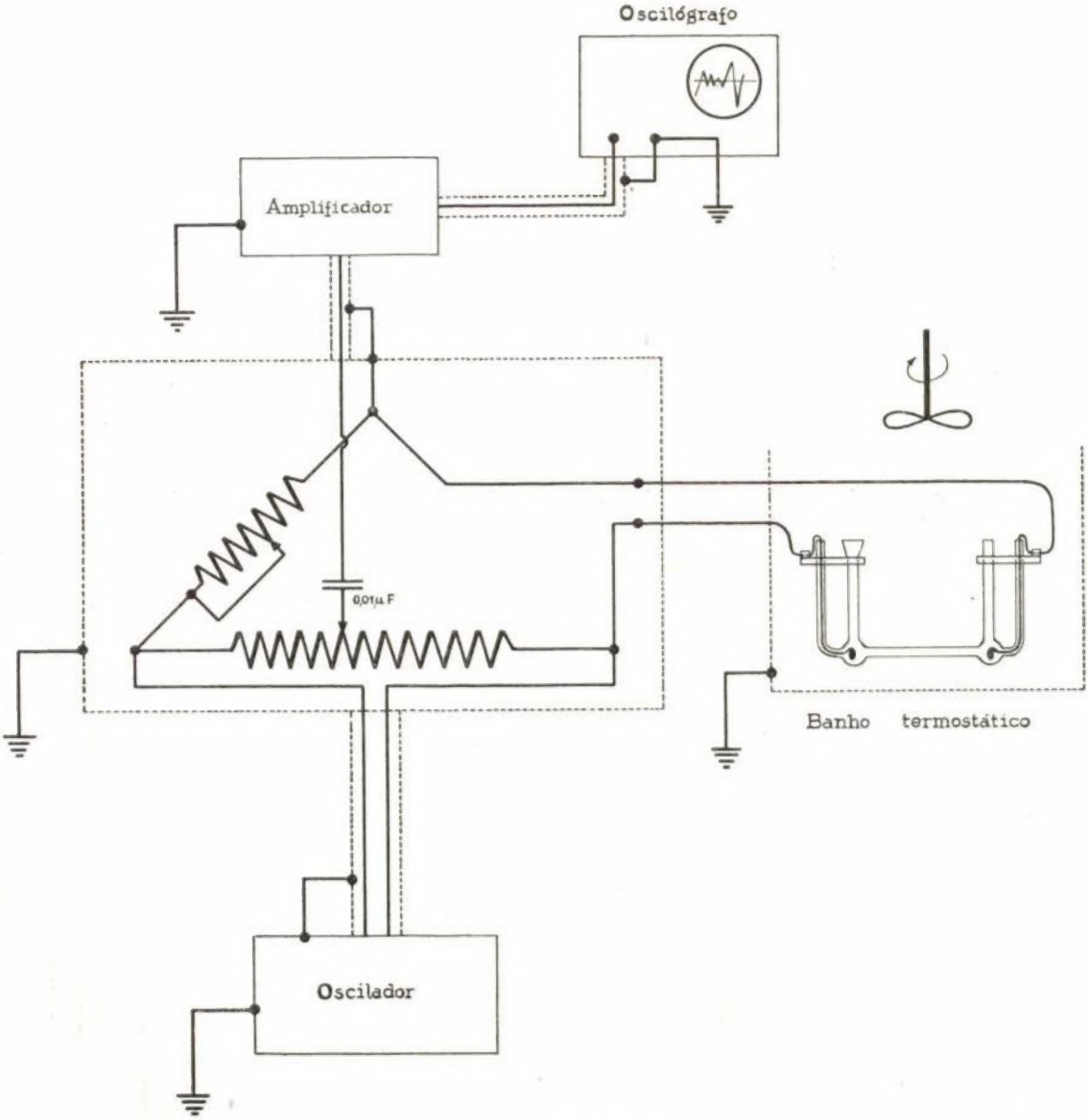


Fig. 1 — Circuito de medida

ríamos partido de toda a sensibilidade da ponte.

Assentámos finalmente num tipo de células, para as soluções de CO_3Na_2 (fig. 2), com uma constante de cerca de 24 cm^{-1}, e num outro tipo, destinado às soluções de OHNa (fig. 3), com uma constante à volta de 230 cm^{-1}.

As células foram construídas, sob nossa orientação, por uma firma nacional especializada em vidros para laboratório.

O tipo de vidro escolhido foi o Pyrex, dada a sua insolubilidade e o baixo coeficiente de dilatação.

Houve algumas dificuldades na soldadura platina-Pyrex resultantes da diferença dos coeficientes de dilatação dos dois materiais. Porém, a soldadura prévia, ao fio de platina, de uma manga de vidro cálcico (1) (com um coeficiente de dilatação entre 9 e 10×10^{-6} $^{o}C^{-1}$) e um recozimento prolongado, resolveram a dificuldade.

A deposição de negro de platina sobre os eléctrodos de platina efectuou-se, electrolisando, nas próprias células, uma solução de cloreto de platina (1 parte) e acetato de chumbo (0,008 partes) em água (30 partes). Aplicou-se uma tensão

(1) Le Soufflage du Verre au Laboratoire, de M. Gillois, Ed. Dunod, 1960.